

ПОСТАНОВЛЕНИЕ КОМИТЕТА ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ СОВЕТЕ
МИНИСТРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
29 сентября 2006 г. № 2

**Об утверждении Методики по определению потерь
тепловой энергии в сетях теплоснабжения с учетом их
износа, срока и условий эксплуатации**

В соответствии с поручением Совета Министров Республики Беларусь от 17 декабря 2005 г. № 03/313-250.313-261 Комитет по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь ПОСТАНОВЛЯЕТ:

Утвердить прилагаемую Методику по определению потерь тепловой энергии в сетях теплоснабжения с учетом их износа, срока и условий эксплуатации.

Председатель

Л.А.Дубовик

УДК 621.643.8

Ключевые слова: система теплоснабжения, температура, тепловые потери, водяные тепловые сети, сети горячего водоснабжения, конденсатопровод, паропровод, теплоизоляционная конструкция, утечка, баланс, погрешность.

Предисловие

Методика расчета потерь тепловой энергии в сетях теплоснабжения с учетом их износа, срока и условий эксплуатации

1. РАЗРАБОТАНА ОАО «БЕЛЭНЕРГОРЕМНАЛАДКА»

2.

УТВЕРЖДЕНО

Комитет по энергоэффективности
при Совете Министров
Республики Беларусь

постановление № 2
от 29 сентября 2006 г.

СОГЛАСОВАНО

Министерство энергетики
Республики Беларусь

письмо № 03-07/5119
от 2 ноября 2006 г.

СОГЛАСОВАНО

Министерство жилищно-
коммунального хозяйства
Республики Беларусь

письмо № 03-06/463-1
от 3 ноября 2006 г.

3. Разработана во исполнение поручения Совета Министров Республики Беларусь от 17 декабря 2005 г. № 03/313-250.313-261.

4. ВЗАМЕН

4.1. Временной методики по определению потерь тепловой энергии в сетях теплоснабжения с учетом их износа, сроков и условий эксплуатации, утвержденной постановлением Комитета по энергоэффективности 30.01.2006 г. № 1 во исполнение п. 2.6 протокола заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 августа 2005 г.

4.2. Методических указаний по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях, утвержденных Министерством топлива и энергетики Республики Беларусь 9 марта 1995 г. и зарегистрированных в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 28 января 2000 г., 8/2742.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С УЧЕТОМ ИХ ИЗНОСА, СРОКА И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Дата введения – 1 января 2007 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения
 2. Нормативные ссылки
 3. Термины и определения
 4. Общие положения
 5. Расчет нормируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов водяных тепловых сетей
 6. Расчет нормируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при их совместной прокладке в непроходных каналах
 7. Расчет нормируемых тепловых потерь с утечкой теплоносителя и нормируемого расхода воды на подпитку
 8. Расчет суммарных нормируемых тепловых потерь трубопроводами тепловых сетей и подключенными к ним системами теплопотребления
 9. Расчет нормируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции паропроводов и конденсатопроводов
 10. Методика расчета температуры пара в паропроводе
- Библиография
- Приложение А (обязательное). Таблица А.1 – Средние температуры наружного воздуха и грунта на глубине 1,6 м по областям Республики Беларусь
- Приложение Б (обязательное). Таблица Б.1 – Нормы удельных потерь тепла изолированными водяными теплопроводами при подземной бесканальной прокладке и прокладке в непроходных каналах (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.)
- Приложение В (обязательное). Таблица В.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах с числом часов работы в год 5000 и менее (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение Г (обязательное). Таблица Г.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах с числом часов работы в год более 5000 (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение Д (обязательное). Таблица Д.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке с числом часов работы в год более 5000 (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение Е (обязательное). Таблица Е.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке с числом часов работы в год 5000 и менее (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение Ж (обязательное). Таблица Ж.1 – Нормы удельных тепловых потерь одним изолированным теплопроводом при надземной прокладке с числом часов работы в год более 5000 (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.)
- Приложение И (обязательное). Таблица И.1 – Нормы удельных тепловых потерь одним изолированным теплопроводом при надземной прокладке с числом часов работы в год 5000 и менее (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.)
- Приложение К (обязательное). Таблица К.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов на открытом воздухе с числом часов работы в год более 5000 (для теплосетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение Л (обязательное). Таблица Л.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов на открытом воздухе с числом часов работы в год 5000 и менее (для теплосетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)

- Приложение М (обязательное). Таблица М.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированным теплопроводом при прокладке в помещениях (технических подпольях) и тоннелях (проходных каналах) с числом часов работы в год более 5000 (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.)
- Приложение Н (обязательное). Таблица Н.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированным теплопроводом при прокладке в помещениях (технических подпольях) и тоннелях (проходных каналах) с числом часов работы в год 5000 и менее (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.)
- Приложение П (обязательное). Таблица П.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов в помещении (техническом подполье) и тоннелях (проходных каналах) с числом часов работы в год более 5000 (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение Р (обязательное). Таблица Р.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов в помещении (техническом подполье) и тоннелях (проходных каналах) с числом часов работы в год 5000 и менее (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение С (справочное). Таблица С.1 – Площадь поперечного сечения трубопровода «в свету»
- Приложение Т (обязательное). Таблица Т.1 – Удельный объем воды в системах теплоснабжения при различных перепадах температур в зависимости от типа теплоснабжающих систем
- Приложение У (обязательное). Таблица У.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированными теплопроводами горячего водоснабжения и циркуляционными при прокладке в непроходных каналах (для сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.)
- Приложение Ф (обязательное). Таблица Ф.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированными паропроводами и конденсатопроводами в непроходных каналах (для сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.)
- Приложение Х (обязательное). Таблица Х.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность паропроводов и конденсатопроводов при их совместной прокладке в непроходных каналах (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.)
- Приложение Ц (справочное). График Ц.1 – График для определения истинной теплоемкости перегретого пара (при постоянном давлении)
- Приложение Ш (справочное). Таблица Ш.1 – Основные размеры сборных железобетонных каналов для тепловых сетей
- Приложение Щ (справочное). Таблица Щ.1 – Выбор конструкции канала при совместной прокладке трубопроводов отопления и горячего водоснабжения
- Приложение Э (обязательное). Титульный лист «Расчет нормируемых прогнозируемых тепловых потерь в тепловых сетях»
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.1 – Среднемесячные температуры воздуха, теплоносителя, грунта на уровне залегания оси трубопровода и исходной воды, идущей на подпитку тепловых сетей
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.2 – Геометрические характеристики водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения, находящихся на балансе по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.3 – Расчет объема воды в системах теплоснабжения, находящихся в эксплуатации по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.4 – Расчет часовых среднегодовых нормативных потерь тепла трубопроводами, запланированными к приемке на баланс
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.5 – Расчет часовых среднегодовых нормативных потерь тепла трубопроводами, выводимыми в ремонт
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.6 – Расчет часовых среднегодовых нормативных потерь тепла трубопроводами теплосети, находящимися на балансе по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.7 – Расчет часовых среднегодовых нормируемых тепловых потерь трубопроводами теплосети, находящимися на балансе по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.8 – Расчет нормируемых прогнозируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции теплосетей
- Приложение Э (обязательное). Таблица Э.9 – Исходные данные для расчета тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при их совместной прокладке в непроходных каналах

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.10 – Расчет нормируемых термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в одноячейковом канале

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.11 – Расчет нормируемых тепловых потерь трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в одноячейковом канале

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.12 – Расчет нормируемых термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в двухячейковом канале

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.13 – Расчет нормируемых тепловых потерь трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в двухячейковом канале

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.14 – Расчет средневзвешенного за год объема трубопроводов, принимаемых на баланс

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.15 – Расчет средневзвешенного объема систем теплоснабжения, принимаемых на баланс

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.16 – Расчет средневзвешенного объема воды в трубопроводах, отключаемых на ремонт

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.17 – Расчет средневзвешенного объема воды в системах теплоснабжения, отключаемых на ремонт

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.18 – Расчет объема воды в системе теплоснабжения по месяцам

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.19 – Расчет нормируемых прогнозируемых тепловых потерь с нормативной утечкой теплоносителя

Приложение Э (обязательное). Таблица Э.20 – Суммарные нормируемые прогнозируемые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции и с нормативной утечкой теплоносителя

Приложение Ю (справочное). Анализ фактических тепловых потерь в водяных тепловых сетях

Приложение Я (справочное). Определение тепловых потерь трубопровода при помощи тепловизионной съемки

1. Область применения

1.1. Настоящая Методика расчета потерь тепловой энергии в сетях теплоснабжения с учетом их износа, срока и условий эксплуатации (далее – Методика) предназначена для инженерно-технических работников предприятий, осуществляющих отпуск, транспорт, распределение и потребление тепловой энергии и теплоносителей, а также выполняющих наладочные работы в системах теплоснабжения.

1.2. Методика регламентирует единый методический подход к расчету потерь тепловой энергии в сетях теплоснабжения с учетом их износа, срока и условий эксплуатации и обязательна для исполнения всеми субъектами хозяйствования Республики Беларусь независимо от ведомственной принадлежности, которые занимаются выработкой, транспортом и потреблением тепловой энергии.

2. Нормативные ссылки

2.1. Правила пользования тепловой энергией. Утверждены и введены в действие постановлением Министерства экономики Республики Беларусь № 9 от 19.01.2006. Зарегистрированы в Национальном реестре правовых актов РБ 20.01.2006, 8/13870.

2.2. Нормы проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей. – М., Госстройиздат, 1959.

2.3. Строительные нормы и правила. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. СНиП 2.04.14-88. Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 9 августа 1989 г. № 155.

2.4. СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети», утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 30 декабря 1986 г. № 75 (изданы Госстроем СССР, Москва, 1987 г., введены в действие 1 января 1988 г.).

2.5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Утверждены Министерством энергетики и электрификации СССР 20.02.1989.

2.6. Правила технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей потребителей. Утверждены и введены в действие Министерством энергетики РБ 11.08.2003 № 31. Зарегистрированы в Национальном реестре правовых актов РБ 19.09.2003, 8/10012.

2.7. СНиП 2.04.01-88 «Внутренний водопровод и канализация зданий», утверждены постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 4 октября 1985 г. № 169 (изданы Госстроем СССР, Москва, 1986 г., введены в действие 1 июля 1986 г.).

2.8. СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»/Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2004.

2.9. ГОСТ 19431-84 «Энергетика и электрификация. Термины и определения».

2.10. ГОСТ 26691-85 «Теплоэнергетика. Термины и определения».

3. Термины и определения

3.1. **Система теплоснабжения:** совокупность взаимосвязанных теплоисточников, тепловых сетей и систем теплопотребления [1, 5, 14].

3.2. **Паровая система теплоснабжения:** система теплоснабжения, в которой теплоносителем является пар [15].

3.3. **Водяная система теплоснабжения:** система теплоснабжения, в которой теплоносителем является вода [1, 15].

3.4. **Закрытая водяная система теплоснабжения:** водяная система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только как теплоноситель и из сети не отбирается [15].

3.5. **Открытая водяная система теплоснабжения:** водяная система теплоснабжения, в которой вода частично или полностью отбирается из сети потребителями тепла [15].

3.6. **Тепловая сеть:** совокупность трубопроводов и устройств, предназначенных для передачи тепловой энергии [1, 5, 14].

3.7. **Водяная тепловая сеть:** тепловая сеть, в которой теплоносителем является сетевая вода.

3.8. **Сети горячего водоснабжения:** тепловая сеть, в которой теплоносителем является вода питьевого качества.

3.9. **Система теплопотребления:** комплекс теплоиспользующих установок с соединительными трубопроводами или тепловыми сетями [1, 5].

3.10. **Энергоснабжающая организация:** юридическое лицо, осуществляющее продажу тепловой энергии абонентам на договорной основе [1, 5].

3.11. **Абонент (потребитель):** юридическое или физическое лицо, индивидуальный предприниматель, осуществляющие пользование тепловой энергией и система теплопотребления которых непосредственно присоединена к тепловым сетям энергоснабжающей или транспортирующей организации, имеющий с ними границу балансовой принадлежности и заключенный договор теплоснабжения [1, 5].

3.12. **Субабонент:** потребитель, система теплопотребления которого непосредственно присоединена к тепловым сетям абонента энергоснабжающей организации, имеющий с ним границу балансовой принадлежности и заключенный договор на снабжение тепловой энергией [1].

3.13. **Граница балансовой принадлежности тепловой сети:** линия имущественного раздела тепловых сетей между энергоснабжающей организацией и абонентом либо абонентом и субабонентом, обозначенная на схеме тепловой сети и зафиксированная двусторонним актом разграничения прав собственности (хозяйственного владения, оперативного управления) на указанные тепловые сети. Граница балансовой принадлежности является границей эксплуатационной ответственности, если иное не оговорено договором теплоснабжения [1, 5].

3.14. **Расчетный период:** установленный договором теплоснабжения период времени, за который должна быть учтена и оплачена абонентом потребляемая тепловая энергия и невозвращенный теплоноситель [1].

3.15. Тепловой баланс: количественная характеристика производства, потребления и потерь тепла [15].

3.16. Тепловая нагрузка системы теплоснабжения: суммарное количество тепла, получаемое от источника тепла, равное сумме теплоснабжений приемников тепла и потерь в тепловых сетях в единицу времени [15].

3.17. Температурный график: зависимость температуры сетевой воды, подаваемой теплоисточником в тепловую сеть и возвращаемой от потребителей, от температуры наружного воздуха при принятом в системе теплоснабжения методе центрального регулирования отпуска теплоты (качественном, качественно-количественном, количественном) [1].

3.18. Период излома температурного графика: период времени, в течение которого значения температур сетевой воды в подающем трубопроводе в соответствии с температурным графиком отпуска тепла остаются постоянными.

3.19. Прибор учета тепловой энергии: измерительный прибор (измерительная система), внесенный в Государственный реестр средств измерения Республики Беларусь, прошедший госповерку в установленный срок, годный к применению для измерения расходов и количества теплоносителя и тепловой энергии, параметров теплоносителя и принятый энергоснабжающей организацией в качестве коммерческого прибора учета в установленном порядке [1].

3.20. Узел учета: комплект приборов и устройств, на основании которых энергоснабжающая организация и абонент с требуемой точностью определяют количество тепловой энергии, производят контроль и регистрацию параметров теплоносителя и осуществляют коммерческие расчеты за поставленную энергию [1, 5].

3.21. Удельные тепловые потери (плотность теплового потока): значения тепловых потерь в единицу времени с единицы изолированной поверхности.

3.22. Норма потерь тепловой энергии (нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность): значение удельных потерь тепловой энергии трубопроводами тепловой сети через их теплоизоляционные конструкции при расчетных среднегодовых значениях температуры теплоносителя и окружающей среды, принимаемые при проектировании тепловых сетей.

3.23. Нормативные тепловые потери: значения тепловых потерь тепловыми сетями через теплоизоляционные конструкции, полученные расчетным путем на базе норм плотности теплового потока при проектном температурном графике отпуска тепла и среднегодовых значениях температуры окружающей трубопровод (трубопроводы) среды.

3.24. Коэффициент К: отношение измеренных при испытаниях тепловых потерь (приведенных к среднегодовым условиям) к нормативным значениям.

3.25. Нормируемые тепловые потери трубопроводами через их теплоизоляционные конструкции: тепловые потери, полученные расчетным путем на базе нормативных с учетом результатов испытаний на тепловые потери, изменения температурного графика отпуска тепла и параметров окружающей среды.

3.26. Параметры окружающей среды: внешние климатические факторы, объективно влияющие на величину тепловых потерь: температура воздуха, температура и влажность грунта на глубине заложения трубопроводов тепловых сетей, продолжительность отопительного и межотопительного периодов работы тепловой сети.

3.27. Нормируемые потери тепловой энергии: сумма нормируемых потерь тепловой энергии через изоляцию трубопроводов и с утечкой теплоносителя из тепловых сетей [1].

3.28. Нормируемые прогнозируемые тепловые потери: тепловые потери, определенные расчетом на предстоящий период работы при ожидаемых температурных режимах работы тепловой сети, параметрах окружающей трубопроводы среды и температуре исходной воды. Температурный режим работы теплосети определяется утвержденным в установленном порядке температурным графиком отпуска тепла.

3.29. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери: тепловые потери, определенные расчетом за прошедший период при фактических температурных режимах работы тепловых сетей, окружающей трубопроводы среды, температуры исходной воды за этот же период.

3.30. Фактические тепловые потери: тепловые потери, определенные из баланса отпущенной и потребленной тепловой энергии.

3.31. Непроизводительные потери тепловой энергии: потери, обусловленные неудовлетворительным техническим состоянием теплоиспользующего оборудования и тепловых сетей или неудовлетворительной организацией их эксплуатации [1].

3.32. Производительные потери тепловой энергии: технически неизбежные потери в тепловых сетях и теплоиспользующем оборудовании.

3.33. Утечка теплоносителя: потери теплоносителя из тепловых сетей и систем теплопотребления, а также потери, связанные с работой технологического оборудования теплоисточников и тепловых сетей [1].

3.34. Нормативная утечка: потери теплоносителя в тепловых сетях и системах теплопотребления, не превышающие значений, определенных настоящей Методикой.

3.35. Непроизводительная утечка (сверхнормативная): потери теплоносителя из тепловых сетей и систем теплопотребления при разрывах, свищах, сливах, водоразборах, безучетное самовольное потребление тепловой энергии и т.п. [1].

3.36. Производительная утечка: потери теплоносителя из тепловых сетей и систем теплопотребления во время ремонта, опрессовки, испытаний, промывки и заполнения новых систем, а также потерь, связанных с работой технологического оборудования теплоисточников и тепловых сетей.

3.37. Подпитка: расход специально подготовленной воды, подаваемой в тепловую сеть для восполнения потерь теплоносителя (сетевой воды), а также водоразбора на тепловое потребление.

3.38. Нормативная подпитка: подпитка, не превышающая суммы потерь сетевой воды с нормативной и производительной утечкой.

3.39. Расчетный объем воды в трубопроводах: расчетная величина, используемая для определения нормативной величины утечки сетевой воды из трубопроводов тепловых сетей и систем теплопотребления. Определяется введением коэффициентов к фактическому объему воды в трубопроводах, учитывающих срок эксплуатации, насыщенность арматурой участка теплосети, условий обслуживания и возможность обнаружения течи.

3.40. Отопительный период: период работы системы теплоснабжения при обеспечении нагрузки отопления.

3.41. Межотопительный период: период работы системы теплоснабжения при обеспечении только тепловой нагрузки горячего водоснабжения и технологических нужд.

3.42. Технически объяснимая инструментальная погрешность узла учета: диапазон возможных значений инструментальной погрешности, соответствующий фактическим характеристикам и режимам работы измерительных устройств, входящих в узел учета.

3.43. Нормативная инструментальная погрешность узла учета: диапазон возможных значений инструментальной погрешности, соответствующий нормативным (установленным Правилами учета тепловой энергии и теплоносителей) характеристикам и режимам работы измерительных устройств, входящих в узел учета.

3.44. Фактический небаланс в системе теплоснабжения: разность отпущенной тепловой энергии с энергией подкачивающих насосов и суммы потребленной тепловой энергии и нормируемых эксплуатационных тепловых потерь.

3.45. Технически объяснимый небаланс в системе теплоснабжения: диапазон возможной разности отпущенной тепловой энергии и суммы потребленной тепловой энергии и нормируемых эксплуатационных тепловых потерь, определяемый технически объяснимой инструментальной погрешностью узлов учета и погрешностью метода расчета нормируемых эксплуатационных тепловых потерь.

3.46. Нормативный небаланс в системе теплоснабжения: диапазон возможной разности отпущенной тепловой энергии и суммы потребленной тепловой энергии и нормируемых эксплуатационных тепловых потерь, определяемый нормативной инструментальной погрешностью узлов учета и погрешностью метода расчета нормируемых тепловых потерь.

3.47. Анализ фактических тепловых потерь: выявление причин превышения допустимых небалансов в системе теплоснабжения в целом и ее частях, определение

количественного влияния на фактические тепловые потери и их структурные составляющие параметров, характеризующих режимы теплоснабжения.

3.48. Износ тепловых сетей: уменьшение толщины стенки трубопровода в результате всех видов коррозии, а также ухудшение теплофизических свойств теплоизоляции и нарушение плотности покровного слоя в процессе эксплуатации.

3.49. Условия эксплуатации: факторы, влияющие на техническое состояние трубопроводов и оборудования тепловых сетей и систем теплопотребления. Такими факторами являются: качество проектирования, монтажа, приемки в эксплуатацию, уровень организации технического обслуживания, планово-предупредительного и капитального ремонта.

3.50. Одноячейковый непроходной канал: строительная конструкция подземной прокладки для размещения в ней трубопроводов, не имеющая внутренней стенки.

3.51. Двухячейковый непроходной канал: строительная конструкция подземной прокладки для раздельного размещения в ней трубопроводов, имеющая внутреннюю стенку.

3.52. Расходомер однопоточный: расходомер с измерением расхода теплоносителя только в одном трубопроводе.

3.53. Расходомер двухпоточный: расходомер с измерением расхода теплоносителя в двух и более трубопроводах.

3.54. Погрешность средства измерения: разность между показаниями средств измерения и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины.

3.55. Абсолютная погрешность средства измерения: погрешность средства измерения, выраженная в единицах измеряемой физической величины.

3.56. Относительная погрешность средства измерения: погрешность средства измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерения к действительному значению измеряемой физической величины в пределах диапазона измерений.

3.57. Основная погрешность средства измерения: погрешность средства измерения, определяемая в нормальных условиях его применения.

3.58. Класс точности средства измерения: обобщенная характеристика средства измерения, выражаемая пределами его допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

3.59. Предел допускаемой погрешности средства измерения: наибольшие значения погрешности средства измерения, устанавливаемые нормативно-техническими документами для данного типа средств измерений, при которых оно еще признается годным к применению.

4. Общие положения

4.1. Тепловые потери в сетях теплоснабжения являются величиной индивидуальной как в абсолютном, так и в относительной виде.

4.2. Технической базой для расчета нормируемых тепловых потерь являются нормы удельных тепловых потерь (нормы плотности теплового потока) через изоляцию трубопроводов и утечек сетевой воды, а также результаты испытаний тепловых сетей на тепловые потери.

4.3. Испытания на тепловые потери являются наиболее объективным критерием оценки изменения теплотехнических характеристик теплоизоляционных конструкций с учетом их износа, срока и условий эксплуатации.

Испытания тепловых сетей на тепловые потери должны производиться на трубопроводах, характерных для тепловых сетей эксплуатирующей организации по конструкции прокладки, сроку службы и условиям эксплуатации с периодичностью не реже 1 раза в 5 лет.

4.4. Распространение результатов испытаний на участки, не подвергшиеся испытаниям, возможно, если материальная характеристика испытанных участков составляет не менее 30 % от материальной характеристики всех тепловых сетей эксплуатирующей организации с аналогичной конструкцией изоляции и типом прокладки.

4.5. В результате испытаний тепловых сетей на тепловые потери определяется коэффициент K , равный отношению фактических тепловых потерь к нормативным значениям.

4.6. В тех случаях, когда измеренные тепловые потери, определенные отдельно по каждому испытанному участку и пересчитанные на среднегодовые температуры воды и окружающей среды, не превышают или незначительно превышают соответствующие значения нормативных тепловых потерь для этих участков ($K \leq 1,1$), за основу нормирования эксплуатационных тепловых потерь принимаются измеренные тепловые потери.

4.7. В тех случаях, когда измеренные тепловые потери по отдельным испытанным участкам существенно превышают нормативные ($K > 1,1$), они могут быть положены в основу нормирования эксплуатационных потерь сети лишь на срок выполнения программы работ по доведению этих потерь до нормативных, но не более чем на три года. Увеличение указанного срока возможно при соответствующем технико-экономическом обосновании.

4.8. При использовании эксплуатирующей организацией в нормировании тепловых потерь данных испытаний теплосетей в качестве исходных принимаются следующие положения:

- для участков тепловой сети, не подвергшихся испытаниям, но имеющих типы прокладки, конструкции изоляции и условия эксплуатации аналогичные испытанным участкам, используются нормативные значения среднегодовых тепловых потерь для данной тепловой сети с введением в них поправочных коэффициентов K ;

- для участков тепловой сети, не подвергшихся испытаниям и имеющих типы прокладок или конструкции изоляции, отличные от испытанных участков, принимаются нормативные значения среднегодовых тепловых потерь без введения в них каких-либо поправочных коэффициентов;

- нормируемые значения среднегодовых потерь по тепловой сети в целом получаются путем суммирования тепловых потерь по охарактеризованным выше группам участков;

- для дальнейших расчетов допускается определять среднюю величину $K_{\text{ср}}$ в целом по испытанной теплосети. Усредненная величина $K_{\text{ср}}$ определяется как средневзвешенная по нормативным среднегодовым потерям испытанных участков

$$K_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^m K_i Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} / \sum_{i=1}^m Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}}, \quad (4.1)$$

где K_i , $Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}}$ – коэффициент K , полученный при испытаниях, и величина нормативных тепловых потерь (кДж/ч (ккал/ч)) на i -м испытанном участке.

4.9. При возникновении спорных вопросов между энергоснабжающей организацией и абонентом (либо абонентом и субабонентом) по расчету нормируемых тепловых потерь на участках теплосети, не подвергшихся испытаниям на тепловые потери, необходимо проведение испытаний на этих конкретных участках.

При невозможности проведения испытаний на момент возникновения спора из-за технических проблем по выполнению требований РД РБ 34.33.302-96 «Методические указания по испытаниям водяных и паровых тепловых сетей на тепловые потери через изоляцию трубопроводов» удельные нормативные тепловые потери по соглашению сторон могут определяться теплотехническим расчетом теплоизоляционных конструкций этих участков при среднегодовых нормативных условиях работы тепловых сетей.

Теплотехнический расчет должен выполняться на основании исполнительной документации по конструкции прокладки, технической документации заводов-изготовителей, данных по фактическому типу и влажности грунта.

Привлечение специализированной проектной организации для проведения расчетов следует использовать при спорных ситуациях между энергоснабжающей организацией и абонентом.

Срок действия расчетных удельных нормативных тепловых потерь определяется по соглашению сторон, но не более одного года, до создания эксплуатирующей организацией условий для проведения испытаний на тепловые потери.

4.10. Порядок расчета тепловых потерь оборудованием тепловых сетей (баки, аккумуляторы и т.д.) аналогичен расчету трубопроводов надземной прокладки (на открытом воздухе, в помещениях, технических подпольях). Нормы плотности теплового потока для плоских поверхностей приведены в приложениях К, Л, П, Р. В формулы для определения среднегодовых нормативных и нормируемых тепловых потерь вместо длины трубопровода подставляется площадь поверхности нагрева.

4.11. Порядок расчета тепловых потерь в сетях горячего водоснабжения при подземной прокладке отдельно от водяных тепловых сетей, а также для надземной прокладки аналогичен расчету тепловых потерь водяными тепловыми сетями соответствующих видов прокладок. Порядок определения удельных нормативных тепловых потерь для сетей горячего водоснабжения приведен в разделе 6.

4.12. Образцы таблиц для расчета нормируемых тепловых потерь приведены в приложении Э.

4.13. Потери теплоносителя и связанные с ними потери тепловой энергии относятся к производственным расходам, а не к потерям на транспорт тепла в случаях, если они связаны с:

- пусковым заполнением тепловых сетей и систем теплоснабжения в размере не более полуторократной их емкости после проведения планово-предупредительного ежегодного ремонта, а также при подключении новых сетей и систем;
- технологическими сливами в средствах автоматического регулирования и защиты (которые предусматривают такой слив на оборудовании источника тепла и подкачивающих насосных станциях в теплосетях в размере, не превышающем установленный техническими условиями);
- затратами тепла и сетевой воды на проведение плановых эксплуатационных испытаний и работ в размере, не превышающем технически обоснованные значения;
- пуском паропроводов после планово-предупредительного ремонта.

5. Расчет нормируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов водяных тепловых сетей

5.1. Значения тепловых потерь через изоляционные конструкции трубопроводов тепловых сетей зависят от:

- вида теплоизоляционной конструкции и примененных теплоизоляционных материалов;
- типов прокладки: надземная, подземная канальная, бесканальная и т.п.;
- температурного режима и продолжительности работы тепловой сети в течение расчетного периода;
- параметров окружающей среды: температуры наружного воздуха и скорости ветра (при надземной прокладке), температуры и влажности грунта и характера изменения параметров в течение расчетного периода;
- типа и плотности грунта в месте прокладки;
- диаметров трубопроводов и их протяженности;
- срока и условий эксплуатации тепловых сетей.

Кроме того, значение тепловых потерь определяется местными особенностями (гидрологическими условиями, схемными и планировочными решениями, насыщенностью и характером смежных коммуникаций и т.д.).

5.2. За основу определения нормируемых тепловых потерь принимаются следующие положения:

- определяются удельные нормативные тепловые потери по отдельным участкам на основании данных о конструктивных характеристиках тепловой сети (тип прокладки, диаметр, вид теплоизоляционного материала), исходя из норм плотности теплового потока и среднегодовых температурных условий работы тепловой сети. Среднегодовые температурные условия работы теплосети определяются из температурного графика отпуска тепла, на который запроектирована тепловая сеть данной системы теплоснабжения;
- нормативные тепловые потери при среднегодовых условиях для всей тепловой сети определяются путем суммирования тепловых потерь по участкам раздельно по видам

прокладки, а также по участкам, отличающимся температурными условиями работы и коэффициентами K от остальных участков тепловой сети данной системы теплоснабжения;

- определяются часовые нормируемые тепловые потери при среднегодовых условиях введением значения коэффициента K в порядке, оговоренном в разделе 4;
- нормируемые тепловые потери тепловой сети за расчетный период определяются, исходя из часовых нормируемых тепловых потерь при среднегодовых условиях, пересчитанных на средние температурные условия и количество часов в соответствующем расчетном периоде.

5.3. Определение среднегодовых параметров режима работы водяной тепловой сети

5.3.1. Климатические данные для расчета удельных нормативных тепловых потерь приведены в приложении А.

При работе тепловых сетей только в отопительный период эти данные берутся только для отопительного периода.

5.3.2. Среднегодовые значения температур теплоносителя определяются из проектного температурного графика отпуска тепла как средневзвешенные по времени из среднемесячных. При определении среднемесячных температур теплоносителя должна быть учтена продолжительность периода работы теплосети часть месяца в режиме отопительного, а часть межотопительного периода.

5.3.3. Среднемесячные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах определяются:

а) в отопительном периоде – из проектного температурного графика для данных тепловых сетей по среднемесячной температуре наружного воздуха;

б) в межотопительный период:

- 1) в закрытых системах в подающем трубопроводе 70 °С;
в обратном 35 °С;
- 2) в открытых системах при работе без циркуляции 60 °С;
при работе с циркуляцией в подающем трубопроводе 60 °С;
в обратном 50 °С.

5.3.4. Результаты расчета заносятся в таблицу Э.1 (приложение Э).

5.4. Определение удельных нормативных тепловых потерь

5.4.1. При отсутствии проектных данных по теплоизоляционной конструкции теплосетей Нормы проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959) можно распространять на тепловые сети со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.

Нормы тепловых потерь в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» можно распространять на тепловые сети со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.

5.4.2. На основании Изменения № 1, введенного постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67, к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного комитета СССР от 9 августа 1988 г. № 155 (изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г. и введены в действие 1 января 1990 г.), при расчетах тепловых потерь участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., к нормам плотности тепловых потоков, указанных в приложениях настоящей Методики, следует вводить следующие коэффициенты ($K_{т1}$) к табличным значениям приложений:

- приложения В, Г, Х 0,7;
- приложения Д, Е, К, Л, П, Р 0,8.

5.4.3. Для подземной прокладки значения удельных нормативных тепловых потерь [Вт/м (ккал/м·ч)] для различных диаметров трубопроводов определяются путем линейной интерполяции (экстраполяции) по табличным значениям норм удельных тепловых потерь

(норм плотности теплового потока) при температурном напоре 52,5 и 65 °С (65 и 75 °С) для двухтрубной прокладки ($q_{\text{н}}^{\text{подз}}$), 60 и 85 °С для подающего отдельно уложенного трубопровода ($q_{1\text{н}}^{\text{подз}}$) и 45 и 60 °С для обратного отдельно уложенного трубопровода ($q_{2\text{н}}^{\text{подз}}$).

Значения $q_{\text{н}}^{\text{подз}}$ ($q_{1\text{н}}^{\text{подз}}$, $q_{2\text{н}}^{\text{подз}}$) приведены:

– для теплосетей, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959), – в приложении Б;

– для теплосетей, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», – в приложениях В, Г.

Интерполяция производится при значениях температурного напора $\Delta t_{\text{с.в}}$ (°С):

– для двухтрубной прокладки

$$\Delta t_{\text{с.в}} = \frac{t_1^{\text{ср.г}} + t_2^{\text{ср.г}}}{2} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}, \quad (5.1)$$

где $t_1^{\text{ср.г}}$, $t_2^{\text{ср.г}}$ – среднегодовая температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах, определенная из проектного температурного графика, °С;

$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$ – среднегодовая температура грунта согласно приложению А, °С;

– для подающего отдельно уложенного трубопровода

$$\Delta t_1^{\text{подз}} = t_1^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}, \quad (5.2)$$

– для обратного отдельно уложенного трубопровода

$$\Delta t_2^{\text{подз}} = t_2^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}, \quad (5.3)$$

где $\Delta t_1^{\text{подз}}$, $\Delta t_2^{\text{подз}}$ – температурный напор для отдельно уложенного подающего и обратного трубопровода подземной прокладки.

Примечание. При величине заглубления верхней части перекрытия канала (при прокладке в каналах) или верха теплоизоляционной конструкции трубопровода (при бесканальной прокладке) 0,7 м и менее в формулы (5.1–5.3) вместо $\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$ подставляется та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке ($\tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}$) (СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»).

5.4.4. Для участков бесканальной подземной прокладки с предизолированными трубами (ПИ-трубопроводы) определение удельных нормативных тепловых потерь производится в соответствии с пунктом 5.4.2 с использованием приложений Д и Е.

При этом к табличным значениям, определенным из приложений Д и Е, вводятся коэффициенты $K_{\text{T1}} = 0,8$ (пункт 5.4.2 настоящей Методики) и K_{T2} , зависящий от диаметра трубопровода и материала основного изоляционного слоя (см. примечание 4 к приложениям Д и Е), т.е.

$$q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} = 0,8 \cdot K_{\text{T2}} \cdot q_{\text{н(табл)}}^{\text{ср.г}}, \quad (5.4)$$

где $q_{\text{н(табл)}}^{\text{ср.г}}$ – табличные значения удельных тепловых потерь (плотность теплового потока) из приложений Д и Е, Вт/м (ккал/м·ч).

5.4.5. Для надземной прокладки на открытом воздухе значения удельных нормативных тепловых потерь для различных диаметров трубопроводов определяются путем линейной интерполяции (экстраполяции) по табличным значениям норм удельных тепловых потерь (норм плотности теплового потока) при температурном напоре 95 и 45 °С для подающего ($q_{1\text{н}}^{\text{надз}}$) и обратного ($q_{2\text{н}}^{\text{надз}}$) трубопроводов.

Значения $q_{1\text{н}}^{\text{надз}}$, $q_{2\text{н}}^{\text{надз}}$ приведены:

– для теплосетей, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и

оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959), – в приложениях Ж, И;

– для теплосетей, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», – в приложениях К, Л.

Интерполяция производится при значениях температурного напора, °С:

– для подающего трубопровода

$$\Delta t_1^{\text{возд}} = t_1^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}, \quad (5.5)$$

– для обратного трубопровода

$$\Delta t_2^{\text{возд}} = t_2^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}, \quad (5.6)$$

где $\Delta t_1^{\text{возд}}$, $\Delta t_2^{\text{возд}}$ – температурный напор для подающего и обратного трубопровода надземной прокладки;

$\tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}$ – среднегодовая температура наружного воздуха из приложения А.

5.4.6. Для трубопроводов, расположенных в помещении (техническом подполье) или тоннеле (проходном канале), значения удельных нормативных тепловых потерь для различных диаметров определяются путем линейной интерполяции (экстраполяции) по табличным значениям норм удельных тепловых потерь (норм плотности теплового потока) при температурных напорах 85 и 35 °С (помещение или техническое подполье), 60 и 10 °С (тоннель или проходной канал) для подающего ($q_{1\text{н}}^{\text{пом}}$, $q_{1\text{н}}^{\text{т}}$) и обратного ($q_{2\text{н}}^{\text{пом}}$, $q_{2\text{н}}^{\text{т}}$) трубопроводов.

Значения $q_{1\text{н}}^{\text{пом}}$, $q_{1\text{н}}^{\text{т}}$, $q_{2\text{н}}^{\text{пом}}$, $q_{2\text{н}}^{\text{т}}$ приведены:

– для теплосетей, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959), – в приложениях М, Н;

– для теплосетей, теплоизоляционные конструкции которых выполнены в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», – в приложениях П, Р.

При определении $q_{1\text{н}}^{\text{т}}$, $q_{2\text{н}}^{\text{т}}$ из приложений П и Р к табличным значениям вводится поправочный коэффициент $K_{\text{тз}} = 0,85$ (примечания к таблице 3 СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»).

Интерполяция производится при значениях температурного напора, °С:

– для помещения либо технического подвала:

1) для подающего трубопровода

$$\Delta t_1^{\text{пом}} = t_1^{\text{ср.г}} - 15, \quad (5.7)$$

2) для обратного трубопровода

$$\Delta t_2^{\text{пом}} = t_2^{\text{ср.г}} - 15, \quad (5.8)$$

где $\Delta t_1^{\text{пом}}$, $\Delta t_2^{\text{пом}}$ – температурный напор для подающего и обратного трубопровода при прокладке в помещении либо техническом подвале;

15 – нормативная температура воздуха в техническом подвале;

– для проходного канала либо тоннеля:

1) для подающего трубопровода

$$\Delta t_1^{\text{т}} = t_1^{\text{ср.г}} - 40, \quad (5.9)$$

2) для обратного трубопровода

$$\Delta t_2^{\text{т}} = t_2^{\text{ср.г}} - 40, \quad (5.10)$$

где Δt_1^T , Δt_2^T – температурный напор для подающего и обратного трубопровода при прокладке в проходном канале либо тоннеле;

40 – нормативная температура воздуха в проходном канале либо тоннеле.

5.4.7. Определение удельных среднегодовых нормативных тепловых потерь трубопроводами, которые в процессе эксплуатации переведены на непроектный режим работы

5.4.7.1. Предварительно определяются удельные нормативные тепловые потери при среднегодовых температурных условиях, на которые были запроектированы трубопроводы рассматриваемых участков теплосети:

- для подземной прокладки в соответствии с 5.4.3, 5.4.4;
- для надземной прокладки в соответствии с 5.4.5, 5.4.6.

5.4.7.2. Производится пересчет нормативных значений, определенных в соответствии с 5.4.7.1, на фактический среднегодовой режим работы участков теплосети по формулам:

а) подземная прокладка:

1) два трубопровода в режиме подающего трубопровода

$$q_{\text{нф}}^{\text{ср.г}} = q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} \frac{t_1^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}{0,5(t_1^{\text{ср.г}} + t_2^{\text{ср.г}}) - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}, \quad (5.11)$$

где $q_{\text{нф}}^{\text{ср.г}}$ – нормативные удельные тепловые потери участка трубопровода при фактическом режиме эксплуатации;

2) два трубопровода в режиме обратного трубопровода

$$q_{\text{нф}}^{\text{ср.г}} = q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} \frac{t_2^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}{0,5(t_1^{\text{ср.г}} + t_2^{\text{ср.г}}) - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}, \quad (5.12)$$

б) надземная прокладка:

1) подающий трубопровод (проектный режим эксплуатации трубопровода) в режиме обратного трубопровода

$$q_{2\text{нф}}^{\text{надз}} = q_{1\text{н}}^{\text{надз}} \cdot \frac{t_2^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{н}}^{\text{ср.г}}}{t_1^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{н}}^{\text{ср.г}}}, \quad (5.13)$$

2) обратный трубопровод (проектный режим эксплуатации трубопровода) в режиме подающего трубопровода

$$q_{1\text{нф}}^{\text{надз}} = q_{2\text{н}}^{\text{надз}} \cdot \frac{t_1^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{н}}^{\text{ср.г}}}{t_2^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{н}}^{\text{ср.г}}}. \quad (5.14)$$

5.4.8. Результаты расчета удельных нормативных тепловых потерь заносятся в таблицы Э.4, Э.5, Э.6 (приложение Э).

5.5. Расчет нормативных среднегодовых потерь

5.5.1. Для водяной тепловой сети значения часовых среднегодовых нормативных тепловых потерь [кДж/ч (ккал/ч)] определяются по следующим формулам:

– для участков подземной двухтрубной прокладки

$$Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} = 3,6 \sum_{i=1}^m q_{\text{ни}} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ кДж/ч, при } q_{\text{ни}}, \text{ Вт/м}, \quad (5.15)$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} = \dots \quad (5.16)$$

$$\sum_{i=1} q_{ni} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ ккал/ч, при } q_{ni}, \text{ ккал/м} \cdot \text{ч;}$$

– для участков надземной прокладки, прокладки в помещениях (технических подпольях), в тоннелях (проходных каналах), а также отдельно уложенных трубопроводов подземной прокладки:

1) подающий трубопровод

$$Q_{1н}^{cp.г} = 3,6 \sum_{i=1}^m q_{1н} \cdot \beta_i \cdot L_{1i}, \text{ кДж/ч, при } q_{1н}, \text{ Вт/м,} \quad (5.17)$$

$$Q_{1н}^{cp.г} = \sum_{i=1}^m q_{1н} \cdot \beta_i \cdot L_{1i}, \text{ ккал/ч, при } q_{1н}, \text{ ккал/м} \cdot \text{ч;} \quad (5.18)$$

2) обратный трубопровод

$$Q_{2н}^{cp.г} = 3,6 \sum_{i=1}^m q_{2н} \cdot \beta_i \cdot L_{2i}, \text{ кДж/ч, при } q_{2н}, \text{ Вт/м,} \quad (5.19)$$

$$Q_{2н}^{cp.г} = \sum_{i=1}^m q_{2н} \cdot \beta_i \cdot L_{2i}, \text{ ккал/ч, при } q_{2н}, \text{ ккал/м} \cdot \text{ч,} \quad (5.20)$$

где β_i – коэффициент местных тепловых потерь i -го участка теплосети;

L_i, L_{1i}, L_{2i} – длина i -го участка теплосети по каналу подающего и обратного трубопровода, м;

3,6 – коэффициент пересчета Вт в кДж/ч.

Результаты расчета нормативных среднегодовых потерь трубопроводами, находящимися на балансе эксплуатирующей организации сводятся в таблицы Э.4, Э.5, Э.6, Э.7 (приложение Э).

5.5.2. Для трубопроводов принимаемых на баланс в течение расчетного периода нормативные часовые значения среднегодовых тепловых потерь определяются отдельно по каждому виду прокладки с предполагаемым числом часов их работы в расчетный период ($Z_{\delta i}$)

$$Q_{н.б}^{cp.г} = 3,6 \cdot \frac{\sum_{i=1}^m q_{\delta i} \cdot \beta_{\delta i} \cdot L_{\delta i} \cdot Z_{\delta i}}{Z^{пер}}, \text{ кДж/ч (} q_{2н}, \text{ Вт/м),} \quad (5.21)$$

$$Q_{н.б}^{cp.г} = \frac{\sum_{i=1}^m q_{\delta i} \cdot \beta_{\delta i} \cdot L_{\delta i} \cdot Z_{\delta i}}{Z^{пер}}, \text{ ккал/ч (} q_{2н}, \text{ ккал/м} \cdot \text{ч,} \quad (5.22)$$

где $Z^{пер}$ – число часов в рассматриваемом расчетном периоде.

Результаты расчета сводятся в таблицы Э.4, Э.7 (приложение Э).

5.5.3. Для трубопроводов, отключаемых в течение расчетного периода, нормативные часовые значения среднегодовых потерь определяются отдельно по каждому виду прокладки с предполагаемым числом часов отключения $Z_{(откл)i}$

$$Q_{н.откл}^{ср.г} = 3,6 \cdot \frac{\sum_{i=1}^m q_{(откл)i} \cdot \beta_{(откл)i} \cdot L_{(откл)i} \cdot Z_{(откл)i}}{Z_{пер}}, \text{ кДж/ч } (q_{откл}, \text{ Вт/м}), \quad (5.23)$$

$$Q_{н.откл}^{ср.г} = \frac{\sum_{i=1}^m q_{(откл)i} \cdot \beta_{(откл)i} \cdot L_{(откл)i} \cdot Z_{(откл)i}}{Z_{пер}}, \text{ ккал/ч } (q_{откл}, \text{ ккал/м} \cdot \text{ч}). \quad (5.24)$$

Результаты расчета сводятся в таблицы Э.5, Э.7 (приложение Э).

5.5.4. Коэффициенты местных тепловых потерь характеризуются следующими величинами:

– для участков теплосети со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г. (Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях. МУ 34-70-080-84, утверждены главным инженером по эксплуатации энергосистем Министерства энергетики и электрификации СССР 20 сентября 1984 г., введены в действие 1 января 1985 г., изданы СПО Союзтехэнерго, Москва, 1985 г.):

- 1) для бесканальной прокладки – 1,15;
- 2) для канальной – 1,2;
- 3) для надземной – 1,25;

– для участков теплосети со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. (из таблицы 4 СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденных постановлением Государственного строительного комитета СССР от 19 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.):

1) прокладка на открытом воздухе, в непроходных каналах, тоннелях (проходных каналах) и помещениях (технических подпольях) для трубопроводов на подвижных опорах условным проходом до 150 мм – 1,2;

2) для тех же прокладок диаметром 150 мм и более и бесканальной прокладки всех диаметров – 1,15;

3) для трубопроводов на подвесных опорах – 1,05.

5.5.5. Производится суммирование нормативных среднегодовых тепловых потерь по всем видам прокладок, а в них – по группам с одинаковым коэффициентом К.

Результаты расчета сводятся в таблицу Э.7 (приложение Э).

5.6. Нормирование тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов водяных тепловых сетей

5.6.1. Нормируемые часовые значения среднегодовых тепловых потерь по участкам, подвергнутым испытаниям и не подвергнутым, но имеющим типы прокладки и конструкции изоляции аналогичные испытанным участкам, находятся по формулам:

– для подземной двухтрубной прокладки

$$Q_{норм}^{ср.г} = Q_{н}^{ср.г} \cdot K; \quad (5.25)$$

– для участков надземной прокладки, прокладки в помещениях (технических подпольях), тоннелях (проходных каналах), а также отдельно уложенных трубопроводов подземной прокладки:

- 1) подающий трубопровод

$$Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г}} = Q_{1\text{н}}^{\text{ср.г}} \cdot K_1; \quad (5.26)$$

2) обратный трубопровод

$$Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г}} = Q_{2\text{н}}^{\text{ср.г}} \cdot K_2. \quad (5.27)$$

5.6.2. Нормируемые среднегодовые теплотери трубопроводами, отключаемыми и принимаемыми на баланс в течение рассматриваемого расчетного периода, определяются по формулам (5.25, 5.26, 5.27).

5.6.3. Нормируемые часовые значения среднегодовых тепловых потерь для участков тепловой сети, не подвергшихся испытаниям и имеющих типы прокладок или конструкции изоляции, отличные от испытанных участков, принимаются равными нормативным значениям среднегодовых тепловых потерь без введения в них каких-либо поправочных коэффициентов, т.е.

$$Q_{\text{норм}}^{\text{ср.г}} = Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}}. \quad (5.28)$$

5.6.4. Нормируемые часовые значения среднегодовых потерь по видам прокладок в целом определяются путем суммирования тепловых потерь по охарактеризованным группам участков, т.е.

$$\Sigma Q_{\text{норм}}^{\text{ср.г}} = Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} K + Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}} + Q_{\text{н.б}}^{\text{ср.г}} - (Q_{\text{н.откл}}^{\text{ср.г}} K + Q_{\text{н.откл}}^{\text{ср.г}}). \quad (5.29)$$

5.6.5. В соответствии с 5.6.4 определяются суммарные часовые значения нормируемых среднегодовых тепловых потерь отдельно для подающего и обратного трубопроводов надземной прокладки в помещении (техническом подполье), в тоннеле (проходном канале) и отдельно уложенного трубопровода подземной прокладки; в результате соответственно получаем значения

$$\Sigma Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г(возд)}}, \quad \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(возд)}}, \quad \Sigma Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г(подз)}}, \quad \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(подз)}}, \quad \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(пом)}}, \\ \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(пом)}}, \quad \Sigma Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г(т)}}, \quad \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(т)}}.$$

Результаты расчета сводятся в таблицу Э.8 (приложение Э).

5.6.6. Определяются средние за расчетный период часовые нормируемые значения тепловых потерь путем пересчета нормируемых среднегодовых потерь с расчетного (проектного) среднегодового режима на режим работы теплосети в расчетном периоде:

– двухтрубная подземная прокладка

$$Q_{\text{норм}} = \Sigma Q_{\text{норм}}^{\text{ср.г}} \cdot \frac{t_1^{\text{ср.пер}} + t_2^{\text{ср.пер}} - 2\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.пер}}}{t_1^{\text{ср.г}} + t_2^{\text{ср.г}} - 2\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}, \quad (5.30)$$

где $t_1^{\text{ср.пер}}$, $t_2^{\text{ср.пер}}$ – средние температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах за рассматриваемый расчетный период, °С;

$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.пер}}$ – средняя температура грунта за рассматриваемый расчетный период;

– подземная прокладка при отдельно уложенном трубопроводе:

1) подающий трубопровод

$$Q_{1\text{норм}}^{\text{подз}} = \Sigma Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г(подз)}} \cdot \frac{t_1^{\text{ср.пер}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.пер}}}{t_1^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}; \quad (5.31)$$

2) обратный трубопровод

$$Q_{2\text{норм}}^{\text{подз}} = \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(подз)}} \cdot \frac{t_2^{\text{ср.пер}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.пер}}}{t_2^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}; \quad (5.32)$$

Примечание. Для теплопроводов подземной прокладки с глубиной заложения менее 0,7 м $\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.пер}} = \tau_{\text{в}}^{\text{ср.пер}}$ (5.4.3 настоящей Методики).

– надземная прокладка:

1) подающий трубопровод

$$Q_{1\text{норм}}^{\text{возд}} = \Sigma Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г(возд)}} \cdot \frac{t_{1\text{ср.пер}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.пер}}}{t_{1\text{ср.г}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}}, \quad (5.33)$$

где $\tau_{\text{в}}^{\text{ср.пер}}$ – средняя температура наружного воздуха за рассматриваемый расчетный период, °С;

2) обратный трубопровод

$$Q_{2\text{норм}}^{\text{возд}} = \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(возд)}} \cdot \frac{t_{2\text{ср.пер}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.пер}}}{t_{2\text{ср.г}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}}; \quad (5.34)$$

– прокладка в помещении (техническом подполье):

1) подающий трубопровод

$$Q_{1\text{норм}}^{\text{пом}} = \Sigma Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г(пом)}} \cdot \frac{t_{1\text{ср.пер}} - 15}{t_{1\text{ср.г}} - 15}; \quad (5.35)$$

2) обратный трубопровод

$$Q_{2\text{норм}}^{\text{пом}} = \Sigma Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(пом)}} \cdot \frac{t_{2\text{ср.пер}} - 15}{t_{2\text{ср.г}} - 15}; \quad (5.36)$$

– прокладка в тоннеле (проходном канале):

1) подающий трубопровод

$$Q_{1\text{норм}}^{\text{т}} = Q_{1\text{норм}}^{\text{ср.г(т)}} \cdot \frac{t_{1\text{ср.пер}} - 40}{t_{1\text{ср.г}} - 40}; \quad (5.37)$$

2) обратный трубопровод

$$Q_{2\text{норм}}^{\text{т}} = Q_{2\text{норм}}^{\text{ср.г(т)}} \cdot \frac{t_{2\text{ср.пер}} - 40}{t_{2\text{ср.г}} - 40}. \quad (5.38)$$

5.6.7. В случае, когда в рассматриваемом расчетном периоде теплосеть часть времени работает в режиме отопительного периода ($Z^{\text{от}}$), а часть – в режиме межотопительного ($Z^{\text{п}}$), расчет производится отдельно для каждого из периодов.

5.6.8. Нормируемые значения тепловых потерь за расчетный период через изоляцию трубопроводов для тепловой сети в целом определяются по формуле

$$Q_{\text{норм.из}}^{\text{пер}} = (Q_{\text{норм}}^{\text{подз}} + Q_{1\text{норм}}^{\text{подз}} + Q_{2\text{норм}}^{\text{подз}} + Q_{1\text{норм}}^{\text{возд}} + Q_{2\text{норм}}^{\text{возд}} + Q_{1\text{норм}}^{\text{пом}} + Q_{2\text{норм}}^{\text{пом}} + Q_{1\text{норм}}^{\text{т}} + Q_{2\text{норм}}^{\text{т}}) \cdot 10^{-6} \cdot Z^{\text{пер}}, \text{ ГДж (Гкал)}. \quad (5.39)$$

5.6.9. Результаты расчета сводятся в таблицу Э.8 (приложение Э).

5.7. Расчет нормируемых прогнозируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов водяных тепловых сетей

5.7.1. Климатические данные для расчета нормируемых прогнозируемых тепловых потерь приведены в приложении А.

При работе тепловых сетей только в отопительный период эти данные берутся только для отопительного периода.

5.7.2. Среднемесячные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах определяются:

а) в отопительном периоде – из утвержденного в установленном порядке температурного графика для системы теплоснабжения по среднемесячной температуре наружного воздуха;

б) в межотопительный период в соответствии с п. 5.3.3б. В случае соответствующего обоснования (техничко-экономического, требования санэпидемстанции и т.п.) указанные значения могут быть изменены. Такое изменение должно быть утверждено в установленном порядке.

5.7.3. Нормируемые прогнозируемые теплопотери за квартал, год определяются как сумма среднемесячных теплопотерь.

5.7.4. Результаты расчета сводятся в таблицу Э.8 (приложение Э).

5.8. Расчет нормируемых эксплуатационных тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов водяных тепловых сетей

Нормируемые эксплуатационные тепловые потери за прошедший отрезок времени (расчетный период) рассчитываются по фактическим средним значениям температур сетевой воды, наружного воздуха и грунта, определенным по результатам эксплуатационных измерений и метрологическим данным.

Также должны быть внесены коррективы в исходные данные изменения материальной характеристики тепловой сети с учетом тепловых сетей, принимаемых на баланс и отключаемых в течение расчетного периода.

6. Расчет тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при их совместной прокладке в непроходных каналах

6.1. Исходные данные для расчета:

– конструктивные характеристики канала (определяются по проектной документации). При отсутствии проектной документации конструкцию канала можно определять по приложениям Ш и Э;

– заглубление канала (определяется из проектной документации);

– нормы удельных тепловых потерь для тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения;

– коэффициент теплопроводности грунта $\lambda_{гр}$, Вт/м·°С (ккал/(м·ч·°С)), определяется в зависимости от классификации грунтов по их влажности и виду (Пособие 2.04.03-96 к СНиП 2.04.14-88. «Автоматизированный расчет тепловой изоляции трубопроводов», утвержденным приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 30 сентября № 339, издано Минстройархитектуры Республики Беларусь, Минск, 1997) и приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициент теплопроводности грунта

Классификация грунтов по влажности	Вид грунта	Коэффициент теплопроводности грунта, $\lambda_{гр}$	
		Вт/м·°С	ккал/(м·ч·°С)
Относительно сухой	Глинистые и суглинки	1,3	1,12
	Пески и песчаные	2,0	1,72
Влажный	Глинистые и суглинки	2,2	1,89
	Пески и песчаные	2,6	2,24
Водонасыщенный	Глинистые и суглинки	2,3	1,98
	Пески и песчаные	2,9	2,49

Исходные данные сводятся в таблицу Э.9 (приложение Э).

6.2. Одноячейковый канал

6.2.1. Определение нормативных термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения

6.2.1.1. Определяется эквивалентный диаметр канала (м):

$$d_3 = \frac{2(a+b)}{\pi}, \quad (6.1)$$

где d_3 – эквивалентный диаметр канала;

a, b – высота и ширина канала (внутренние), м.

Размеры наиболее употребляемых каналов приведены в приложениях III и III.

6.2.1.2. Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха канала к его стенкам, $(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ $(\text{м}^2/\text{ч} \cdot ^\circ\text{C})/\text{ккал}$

$$R_{в.к} = \frac{1}{\alpha_{в.к} \cdot \pi \cdot d_3}, \quad (6.2)$$

где $R_{в.к}$ – термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха канала к его стенкам;

$\alpha_{в.к}$ – коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенкам канала, принимается $\alpha_{в.к} = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($\alpha_{в.к} = 6,88 \text{ ккал/м}^2/\text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$). СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 9 августа 1988 г. № 155.

6.2.1.3. Определяется расчетное заглубление (от поверхности грунта до оси канала):

$$h = H + \delta_{\text{пер}} + \frac{a}{2}, \text{ м}, \quad (6.3)$$

где h – расчетное заглубление канала;

H – заглубление канала (от поверхности грунта до верха перекрытия), м;

$\delta_{\text{пер}}$ – толщина перекрытия канала, м.

6.2.1.4. Термическое сопротивление теплоотдаче грунта:

– при отношении $h / d_3 > 2$

$$R_{\text{гр}} = \frac{1}{2 \pi \lambda_{\text{гр}}} \text{Ln} (4 h / d_3); \quad (6.4)$$

– при $h / d_3 < 2$

$$R_{\text{гр}} = \frac{1}{2 \pi \lambda_{\text{гр}}} \text{Ln} (2h + (4h^2 - d_3^2)^{0.5}) / d_3), \quad (6.5)$$

где $R_{\text{гр}}$ – термическое сопротивление теплоотдаче грунта.

В случае, когда расстояние от поверхности грунта до перекрытия канала $H \leq 0,7 \text{ м}$, вместо расчетного заглубления h принимается так называемая «приведенная глубина заглубления»

$$h_{\text{прив}} = h + \frac{\lambda_{\text{гр}}}{\alpha_{\text{пов}}}, \quad (6.6)$$

где $\alpha_{\text{пов}}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности грунта к окружающему воздуху, принимается $\alpha_{\text{пов}} = 17,4 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ($\alpha_{\text{пов}} = 15 \text{ ккал/(м}^2/\text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$). (Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов, утверждено и введено в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издано ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.).

6.2.1.5. Общее термическое сопротивление канала и грунта $R_{\text{кан}}$:

$$R_{\text{кан}} = R_{\text{в.к}} + R_{\text{гр}}, \quad (6.7)$$

где $R_{\text{кан}}$ – общее термическое сопротивление канала и грунта.

6.2.1.6. Определяются значения удельных нормативных тепловых потерь ($q_{\text{н}}^{\text{подз}}$) для трубопроводов сетевой воды в соответствии с пунктом 5.4.

Удельные теплотери отдельно для подающего ($q_{1\text{н}}^{\text{подз}}$) и обратного ($q_{2\text{н}}^{\text{подз}}$) трубопроводов определяются по формулам:

– для подающего трубопровода

$$q_{1\text{н}}^{\text{подз}} = q_{\text{н}}^{\text{подз}} \frac{t_{1\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}{t_{1\text{ср.г}} + t_{2\text{ср.г}} - 2 \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}; \quad (6.8)$$

– для обратного трубопровода

$$q_{2\text{н}}^{\text{подз}} = q_{\text{н}}^{\text{подз}} \frac{t_{2\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}{t_{1\text{ср.г}} + t_{2\text{ср.г}} - 2 \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}. \quad (6.9)$$

Значения удельных нормативных тепловых потерь для сетей горячего водоснабжения определяются путем линейной интерполяции из приложения У (для теплосетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.) либо из приложения Г (для теплосетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.).

Интерполяция производится для разности температур:

– для подающего трубопровода горячего водоснабжения со средней нормативной температурой воды $t_{3\text{н}} = 57,5$ °С

$$\Delta t_{3\text{н}}^{\text{ср.г}} = 57,5 - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}, \text{ °С}, \quad (6.10)$$

где 57,5 – проектная температура теплоносителя в подающем трубопроводе сетей горячего водоснабжения, $t_{3\text{н}}$;

– для циркуляционного трубопровода со средней нормативной температурой воды $t_{4\text{н}} = 52,5$ °С

$$\Delta t_{4\text{н}}^{\text{ср.г}} = 52,5 - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}, \text{ °С}, \quad (6.11)$$

где 52,5 – проектная температура теплоносителя в циркуляционном трубопроводе сетей горячего водоснабжения, $t_{4\text{н}}$.

Значения $t_{3\text{н}}$ и $t_{4\text{н}}$ определены расчетом в соответствии со СНиП 2.04.01-88 «Внутренний водопровод и канализация зданий», утвержденными постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 4 октября 1985 г. № 169 (изданы Госстроем СССР, Москва, 1986 г., введены в действие 1 июля 1986 г.), а также СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети», утвержденными постановлением Государственного строительного комитета СССР от 30 декабря 1986 г. № 75 (изданы Госстроем СССР, Москва, 1987 г., введены в действие 1 января 1988 г.).

При пользовании приложением Г интерполяция должна производиться между значениями удельных потерь при разности температур 60 и 45 °С для подающих трубопроводов горячего водоснабжения и циркуляционного.

При работе трубопроводов сетевой воды только в отопительном периоде:

– значения удельных тепловых потерь трубопроводами сетевой воды определяются по температурным параметрам теплоносителя и грунта, средним за отопительный период;

– в формулы (6.10) и (6.11) вместо $\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$ подставляется значение температуры грунта, среднее за отопительный период ($\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.от}}$).

При расстоянии от поверхности грунта до перекрытия канала $H \leq 0,7$ м в формулы (6.9–6.11) вместо температуры грунта $\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$ подставляется температура наружного воздуха $\tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}$.

6.2.1.7. Температура воздуха в канале ($\tau_{н(кан)}^{ср.г}$) при среднегодовых нормативных (по проектному графику) температурах сетевой воды и грунта, температурах в трубопроводах горячего водоснабжения $t_{3н} = 57,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и циркуляционных $t_{4н} = 52,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$\tau_{н(кан)}^{ср.г} = \tau_{гр}^{ср.г} + (q_{1н}^{подз} + q_{2н}^{подз} + q_{3н} + q_{4н}) \cdot R_{кан}, \quad (6.12)$$

где $q_{3н}$, $q_{4н}$ – нормы плотности теплового потока для подающего и циркуляционного трубопроводов сетей горячего водоснабжения.

При работе трубопроводов сетевой воды только в отопительном периоде подставляется значение температуры грунта, среднее за отопительный период $\tau_{гр}^{ср.от}$.

6.2.1.8. Определяются нормативные термические сопротивления теплопередаче от трубопровода к воздуху канала, $(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ ($\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{ккал}$):

– сетевая вода:

1) подающий трубопровод

$$R_{1н} = \frac{t_1^{ср.г} - \tau_{н(кан)}^{ср.г}}{q_{1н}^{ср.г}}; \quad (6.13)$$

2) обратный трубопровод

$$R_{2н} = \frac{t_2^{ср.г} - \tau_{н(кан)}^{ср.г}}{q_{2н}^{ср.г}}, \quad (6.14)$$

где $t_1^{ср.г}$, $t_2^{ср.г}$ – среднегодовые значения температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах при температурном графике отпуска тепла, на который запроектирована тепловая сеть, $^{\circ}\text{C}$;

– сети горячего водоснабжения:

1) подающий трубопровод горячего водоснабжения

$$R_{3н} = \frac{57,5 - \tau_{н(кан)}^{ср.г}}{q_{3н}}; \quad (6.15)$$

2) циркуляционный трубопровод

$$R_{4н} = \frac{52,5 - \tau_{н(кан)}^{ср.г}}{q_{4н}}. \quad (6.16)$$

Результаты расчета сводятся в таблицу Э.10 (приложение Э).

6.2.2. Определение нормируемых термических сопротивлений от трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения к воздуху канала

При отсутствии результатов испытаний на тепловые потери, термические сопротивления основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения принимаются равными нормативным величинам

$$R_{н.и} = R_{норм.и},$$

где $R_{норм.и}$ – нормируемое термическое сопротивление трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения.

При наличии результатов испытаний, выраженных в коэффициентах K для каждого трубопровода, нормируемые значения термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения находятся в соответствии с п. 6.2.1, подставляя в формулы (6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16) соответствующие значения коэффициентов K_i ,

$$\tau_{n(\text{кан})}^{\text{ср.г}} = \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}} + (K_1 q_{1n}^{\text{подз}} + K_2 q_{2n}^{\text{подз}} + K_3 q_{3n} + K_4 q_{4n}) \cdot R_{\text{кан}}. \quad (6.17)$$

При работе трубопроводов сетевой воды только в отопительном периоде вместо $\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$ подставляется значение температуры грунта, среднее за отопительный период ($\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.от}}$).

$$R_{in} = \frac{t_i^{\text{ср.г}} - \tau_{n(\text{кан})}^{\text{ср.г}}}{K_i q_{in}^{\text{ср.г}}}. \quad (6.18)$$

Результаты расчета сводятся в таблицу Э.10 (приложение Э).

6.2.3. Определение удельных нормируемых тепловых потерь

6.2.3.1. Температура воздуха в канале при температурных параметрах, отличных от нормативных значений, определяется по формулам:

– для отопительного периода

$$\tau_{\text{кан}}^{\text{норм}} = \frac{t_1^{\text{норм}} / R_{1\text{норм}} + t_2^{\text{норм}} / R_{2\text{норм}} + t_3^{\text{норм}} / R_{3\text{норм}} + t_4^{\text{норм}} / R_{4\text{норм}} + \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}} / R_{\text{кан}}}{1 / R_{1\text{норм}} + 1 / R_{2\text{норм}} + 1 / R_{3\text{норм}} + 1 / R_{4\text{норм}} + \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}} / R_{\text{кан}}}; \quad (6.19)$$

– для межотопительного периода

$$\tau_{\text{кан}}^{\text{норм}} = \frac{t_3^{\text{норм}} / R_{3\text{норм}} + t_4^{\text{норм}} / R_{4\text{норм}} + \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}} / R_{\text{кан}}}{1 / R_{3\text{норм}} + 1 / R_{4\text{норм}} + \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}} / R_{\text{кан}}}, \quad (6.20)$$

где $t_1^{\text{норм}}$, $t_2^{\text{норм}}$, $t_3^{\text{норм}}$, $t_4^{\text{норм}}$, $\tau_{\text{гр}}^{\text{норм}}$ – средние температуры теплоносителя в водяных тепловых сетях, сетях горячего водоснабжения и грунта за расчетный период, °С;

$\tau_{\text{кан}}^{\text{норм}}$ – средняя температура воздуха в канале за расчетный период, °С.

6.2.3.2. Удельный нормируемый тепловой поток, Вт/м (ккал/м·ч):

– суммарно для четырех труб

$$q_{\text{норм}} = \frac{\tau_{\text{кан}}^{\text{норм}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}}}{R_{\text{кан}}}; \quad (6.21)$$

– для каждого трубопровода

$$q_{i\text{норм}} = \frac{t_i^{\text{норм}} - \tau_{\text{кан}}^{\text{норм}}}{R_{i\text{норм}}}, \quad (6.22)$$

где $q_{\text{норм}}$ – суммарный нормируемый тепловой поток четырех трубопроводов;

$q_{i\text{норм}}$ – нормируемый тепловой поток i -го трубопровода;

$t_i^{\text{норм}}$ – средняя температура теплоносителя i -го трубопровода за расчетный период;

$R_{i\text{норм}}$ – нормируемое термическое сопротивление i -го трубопровода.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.10 (приложение Э).

6.2.4. Определение нормируемых часовых теплотерь участка теплосети

6.2.4.1. Часовые нормируемые потери тепла на i -м участке с диаметрами трубопроводов сетевой воды d_{1i} (подающий трубопровод), d_{2i} (обратный трубопровод), горячего водоснабжения d_{3i} и циркуляционного d_{4i} , длиной L_i суммарно для всего участка либо отдельно для водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения определяются по формулам:

$$Q_{\text{норм}} = 3,6 \cdot \Sigma q_{i\text{норм}} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ кДж/ч, при } q_i \text{ в Вт/м,} \quad (6.23)$$

$$Q_{\text{норм}} = \Sigma q_{i\text{норм}} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ ккал/ч, при } q_i \text{ в ккал/м.} \quad (6.24)$$

В случае, когда отдельные трубопроводы имеют различные значения β , принимается средневзвешенное его значение

$$\beta_{\text{ср}} = \frac{\sum \beta_i q_i L_i}{\sum q_i L_i}. \quad (6.25)$$

6.2.5. Тепловые потери суммарно для всего участка либо отдельно для водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения за расчетный период при числе часов работы $Z^{\text{пер}}$ определяются по формулам:

$$Q_{\text{норм}}^{\text{пер}} = Q_{\text{норм}} Z^{\text{пер}} 10^{-6} \text{ кДж/ч (Гкал/ч)}. \quad (6.26)$$

Данные заносятся в таблицу Э.11 (приложение Э).

6.3. Двухячейковый непроходной канал

6.3.1. Определение нормативных термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения

В одной секции канала располагаются подающий и обратный трубопроводы водяной тепловой сети, во второй – подающий трубопровод горячего водоснабжения и циркуляционный.

В рассматриваемом случае в каждой секции канала установится своя температура воздуха $\tau_{\text{кан}} \ll 1$ и $\tau_{\text{кан}} \ll 2$, а между секциями будет иметь место теплообмен с тепловым потоком через разделяющие стенки $q_{\text{ст}}$, который следует учитывать.

Основной поток тепловых потерь, проходящий через каждую секцию, идет не по всему внутреннему периметру канала $P = 2 \cdot (a + b)$, а лишь через внешнюю боковую стенку, перекрытие и днище, т.е. по неполному внутреннему периметру,

$$P_{\text{н}} = a + 2b. \quad (6.27)$$

Поэтому расчет внешних тепловых потерь проводится как бы для канала с уменьшенным коэффициентом теплопередачи, и это уменьшение будет в отношении

$$\frac{P_{\text{н}}}{P} = \frac{a + 2b}{2 \cdot (a + b)}. \quad (6.28)$$

Последовательность расчета следующая.

Определяется величина $R_{\text{ikan}} = R_{\text{в.к}} + R_{\text{igr}}$ для каждой секции по формулам (6.1–6.7).

Определяются приведенные термические сопротивления канала каждой секции (на 1 пог. м канала)

$$R_{\text{ikan}}^{\text{прив}} = R_{\text{ikan}} \cdot P / P_{\text{н}}, \quad (6.29)$$

где $R_{\text{ikan}}^{\text{прив}}$ – приведенные термические сопротивления секций канала.

Определяется термическое сопротивление теплопередаче стенок между секциями (на 1 пог. м канала)

$$R_{\text{ст}} = \frac{2 \cdot (1 / \alpha_{\text{в.к}} + \delta_{\text{ст}} / \lambda_{\text{ст}})}{a}, \quad (6.30)$$

где $R_{\text{ст}}$ – термическое сопротивление теплопередаче стенок между секциями;

$\delta_{\text{ст}}$, $\lambda_{\text{ст}}$ – толщина стенки канала и ее коэффициент теплопроводности, который с достаточной степенью точности можно принять $\lambda_{\text{ст}} = 1,28 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ ($\lambda_{\text{ст}} = 1,1 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$)

(Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсаторов), утверждено и введено в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издано ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.);

$\alpha_{в.к}$ – коэффициент теплоотдачи от воздуха к стенке канала.

Определяется приближенное значение температуры воздуха в каждой секции канала. В качестве удельных тепловых потерь трубопроводов подставляются их нормативные значения, определенные в соответствии с пунктом 6.2.1.6.

При этом при определении удельных нормативных потерь трубопроводами сетевой воды используются данные приложения В либо Г (в зависимости от числа часов работы трубопроводов сетевой воды в году).

Для секции с трубопроводами сетевой воды (секция «1»)

$$\tau'_{н кан «1»} = \tau_{гр}^{ср.г} + (q_{1н}^{подз} + q_{2н}^{подз}) \cdot R_{кан «1»}^{прив}. \quad (6.31)$$

Для секции с подающим трубопроводом горячего водоснабжения и циркуляционным (секция «2»)

$$\tau'_{н кан «2»} = \tau_{гр}^{ср.г} + (q_{3н} + q_{4н}) \cdot R_{кан «2»}^{прив}, \quad (6.32)$$

где $R_{кан «1»}^{прив}$, $R_{кан «2»}^{прив}$ – приведенное термическое сопротивление канала соответственно секции «1» и секции «2»;

$\tau_{гр}^{ср.г}$ – среднегодовая температура грунта на глубине заложения оси трубопроводов, °С;

$\tau'_{н кан «1»}$, $\tau'_{н кан «2»}$ – температура в каждой секции канала в первом приближении.

При работе трубопроводов сетевой воды только в отопительный период

$$\tau_{гр}^{ср.г} = \tau_{гр}^{ср.от}.$$

Тепловой поток через стенки, разделяющие секции канала,

$$q'_{н ст} = \frac{\tau'_{н кан «1»} - \tau'_{н кан «2»}}{R_{ст}}, \quad (6.33)$$

где $q'_{н ст}$ – тепловой поток между секциями канала в первом приближении.

Уточняются величины $\tau_{н кан «1»}$ и $\tau_{н кан «2»}$ по формулам:

$$\tau''_{н кан «1»} = \tau_{гр}^{ср.г} + (q_{1н}^{подз} + q_{2н}^{подз} - q'_{ст}) \cdot R_{кан «1»}^{прив}, \quad (6.34)$$

$$\tau''_{н кан «2»} = \tau_{гр}^{ср.г} + (q_{3н} + q_{4н} + q'_{ст}) \cdot R_{кан «2»}^{прив}, \quad (6.35)$$

где $\tau''_{н кан «1»}$, $\tau''_{н кан «2»}$ – температура в каждой секции канала во втором приближении.

По найденным значениям

$$\tau'''_{н кан «1»} = \frac{\tau''_{н кан «1»} + \tau'_{н кан «1»}}{2}, \quad (6.36)$$

$$\tau'''_{н кан «2»} = \frac{\tau''_{н кан «2»} + \tau'_{н кан «2»}}{2} \quad (6.37)$$

по формулам (6.29, 6.30, 6.31) уточняются величины $q_{ст}$, $\tau_{н кан «1»}$ и $\tau_{н кан «2»}$. При расхождении с определенными ранее значениями более 5 % уточнение расчетных (нормативных) величин продолжается до удовлетворительного их совпадения (отклонение не более $\pm 5\%$).

Определяются нормативные термические сопротивления теплопередаче от трубопровода к воздуху секции канала:

– для сетевой воды (секция «1»):

1) подающий трубопровод

$$R_{1н\langle 1 \rangle} = \frac{t_{1\text{ср.г}} - \tau_{н\text{ кан } \langle 1 \rangle}}{q_{1н\text{ подз}}}; \quad (6.38)$$

2) обратный трубопровод

$$R_{2н\langle 1 \rangle} = \frac{t_{2\text{ср.г}} - \tau_{н\text{ кан } \langle 1 \rangle}}{q_{2н\text{ подз}}}; \quad (6.39)$$

– для сетей горячего водоснабжения (секция «2»):

1) трубопровод горячего водоснабжения

$$R_{3н\langle 2 \rangle} = \frac{57,5 - \tau_{н\text{ кан } \langle 2 \rangle}}{q_{3н}}; \quad (6.40)$$

2) циркуляционный трубопровод

$$R_{4н\langle 2 \rangle} = \frac{52,5 - \tau_{н\text{ кан } \langle 2 \rangle}}{q_{4н}}. \quad (6.41)$$

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.12 (приложение Э).

6.3.2. Определение нормируемых термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения

При отсутствии результатов испытаний термические сопротивления основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения принимаются равными нормативным величинам.

$$R_{н.i} = R_{норм.i},$$

где $R_{норм.i}$ – нормируемое термическое сопротивление трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения.

При наличии результатов испытаний, выраженных в коэффициентах K для каждого трубопровода, нормируемые значения термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения находятся в соответствии с п. 6.3.1, подставляя в формулы (6.29, 6.30, 6.32, 6.33, 6.36, 6.37, 6.38, 6.39) соответствующие значения коэффициентов K_i ,

$$K_i q_{ин} = q_{инорм}.$$

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.12 (приложение Э).

6.3.3. Определение удельных нормируемых тепловых потерь

При температурных параметрах, отличных от нормативных величин:

– определяются температуры воздуха в секциях в первом приближении:

1) секция «1»

$$\tau_{\text{ кан } \langle 1 \rangle} = \frac{t_{1\text{норм}} / R_{1\text{норм}}^{\langle 1 \rangle} + t_{2\text{норм}} / R_{2\text{норм}}^{\langle 1 \rangle} + \tau_{гр\text{норм}} / R_{\text{кан } \langle 1 \rangle}^{\text{прив}}}{1 / R_{1\text{норм}}^{\langle 1 \rangle} + 1 / R_{2\text{норм}}^{\langle 1 \rangle} + 1 / R_{\text{кан } \langle 1 \rangle}^{\text{прив}}}; \quad (6.42)$$

2) секция «2»

$$\tau'_{\text{кан «2»}} = \frac{t_3^{\text{норм}} / R_{3\text{норм}}^{\text{«2»}} + t_4^{\text{норм}} / R_{4\text{норм}}^{\text{«2»}} + \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}} / R_{\text{кан «2»}}^{\text{прив}}}{1 / R_{3\text{норм}}^{\text{«2»}} + 1 / R_{4\text{н}}^{\text{«2»}} + 1 / R_{\text{кан «2»}}^{\text{прив}}}. \quad (6.43)$$

Определяются удельные тепловые потоки в первом приближении:

– сетевая вода:

1) подающий трубопровод

$$q'_{1\text{норм}} = \frac{(t_1^{\text{норм}} - \tau'_{\text{кан «1»}})}{R_{1\text{норм}}^{\text{«1»}}}; \quad (6.44)$$

2) обратный трубопровод

$$q'_{2\text{норм}} = \frac{(t_2^{\text{норм}} - \tau'_{\text{кан «1»}})}{R_{2\text{норм}}^{\text{«1»}}}; \quad (6.45)$$

– сети горячего водоснабжения:

1) подающий трубопровод горячего водоснабжения

$$q'_{3\text{норм}} = \frac{(t_3^{\text{норм}} - \tau'_{\text{кан «2»}})}{R_{3\text{норм}}^{\text{«2»}}}; \quad (6.46)$$

2) циркуляционный трубопровод

$$q'_{4\text{норм}} = \frac{(t_4^{\text{норм}} - \tau'_{\text{кан «2»}})}{R_{4\text{норм}}^{\text{«2»}}}; \quad (6.47)$$

– через стенки между секциями:

$$q'_{\text{ст}} = \frac{\tau'_{\text{кан «1»}} - \tau'_{\text{кан «2»}}}{R_{\text{ст}}}. \quad (6.48)$$

Уточняются величины $\tau_{\text{кан «1»}}$ и $\tau_{\text{кан «2»}}$ по формулам:

$$\tau''_{\text{кан «1»}} = \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}} + (q'_{1\text{норм}} + q'_{2\text{норм}} - q'_{\text{ст}}) \cdot R_{\text{кан «1»}}^{\text{прив}}, \quad (6.49)$$

$$\tau''_{\text{кан «2»}} = \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}} + (q'_{3\text{норм}} + q'_{4\text{норм}} + q'_{\text{ст}}) \cdot R_{\text{кан «2»}}^{\text{прив}}. \quad (6.50)$$

По найденным значениям $\tau'''_{\text{кан «1»}} = (\tau'_{\text{кан «1»}} + \tau''_{\text{кан «1»}})/2$ и $\tau'''_{\text{кан «2»}} = (\tau'_{\text{кан «2»}} + \tau''_{\text{кан «2»}})/2$ уточняются значения $q_{1\text{норм}}$, $q_{2\text{норм}}$, $q_{3\text{норм}}$, $q_{4\text{норм}}$ и $q_{\text{ст}}$ по формулам (6.44, 6.45, 6.46, 6.47, 6.48). При расхождении с определенными ранее значениями более 5 % уточнение указанных выше величин продолжается до их удовлетворительного совпадения (отклонения не более $\pm 5\%$).

Удельные потери тепла определяются по формулам:

– секция «1»

$$q_{\text{кан «1»}}^{\text{норм}} = \frac{\tau_{\text{кан «1»}}^{\text{норм}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}}}{R_{\text{кан «1»}}^{\text{прив}}}; \quad (6.51)$$

– секция «2»

$$q_{\text{кан «2»}}^{\text{норм}} = \frac{\tau_{\text{кан «2»}}^{\text{норм}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{норм}}}{R_{\text{кан «2»}}^{\text{прив}}}; \quad (6.52)$$

– суммарные двумя секциями

$$q_{\text{кан «1, 2»}}^{\text{норм}} = q_{\text{кан «1»}}^{\text{норм}} + q_{\text{кан «2»}}^{\text{норм}}. \quad (6.53)$$

Данные заносятся в таблицу Э.13 (приложение Э).

6.3.4. Определение нормируемых часовых теплотерь участка теплосети

Часовые потери тепла i -й теплосетью, проложенной в двухачейковом канале, с диаметрами трубопроводов сетевой воды d_{1i} , d_{2i} , горячего водоснабжения d_{3i} и циркуляционного d_{4i} , длиной L_i определяются:

$$Q_{i \text{ «1, 2»}}^{\text{норм}} = 3,6 \cdot q_{i \text{ кан «1, 2»}}^{\text{норм}} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ кДж/ч, при } q_{i \text{ кан «1, 2»}} \text{ в Вт/м,} \quad (6.54)$$

$$\begin{aligned} Q_{i \text{ «1, 2»}}^{\text{норм}} &= q_{i \text{ кан «1, 2»}} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ ккал/ч, при } q_{i \text{ кан «1, 2»}} \text{ в ккал/м} \\ Q_{\text{«1, 2»}}^{\text{норм}} &= \sum Q_{i \text{ «1, 2»}}^{\text{норм}}, \end{aligned} \quad (6.55)$$

$$Q_{i \text{ «3, 4»}}^{\text{норм}} = 3,6 \cdot q_{i \text{ кан «3, 4»}} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ кДж/ч, при } q_{i \text{ кан «1, 2»}} \text{ в Вт/м,} \quad (6.56)$$

$$\begin{aligned} Q_{i \text{ «3, 4»}}^{\text{норм}} &= q_{i \text{ кан «3, 4»}} \cdot \beta_i \cdot L_i, \text{ ккал/ч, при } q_{i \text{ кан «1, 2»}} \text{ в ккал/м} \\ Q_{\text{«3, 4»}}^{\text{норм}} &= \sum Q_{i \text{ «3, 4»}}^{\text{норм}}. \end{aligned} \quad (6.57)$$

Данные заносятся в таблицу Э.13 (приложение Э).

6.3.5. При отключении трубопроводов сетевой воды (межотопительный период) расчет тепловых потерь производится в следующем порядке:

– определяется температура воздуха в секции «2» (горячеводные трубопроводы) без учета теплообмена с секцией «1» (трубопроводы сетевой воды) по формуле

$$\tau_{\text{кан «2»}}^{\circ} = \frac{57,5 / R_{3\text{норм}} + 52,5 / R_{4\text{норм}} + \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}} / R_{\text{кан}}}{1 / R_{3\text{н}} + 1 / R_{4\text{норм}} + 1 / R_{\text{кан}}}, \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad (6.58)$$

– определяется температура воздуха в секции «2» в первом приближении по формуле

$$\tau'_{\text{кан «2»}} = \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}} + (\tau_{\text{кан «2»}}^{\circ} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}})^{0,97}; \quad (6.59)$$

– определяется температура воздуха в канале «1» в первом приближении

$$\tau'_{\text{кан «1»}} = \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}} + (\tau_{\text{кан «2»}}^{\circ} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}})^{0,56}. \quad (6.60)$$

Определяются в первом приближении удельные тепловые потери:

– в подающем трубопроводе горячего водоснабжения ($q'_{3\text{норм}}$) и циркуляционном ($q'_{4\text{норм}}$) по формулам (6.46, 6.47);

– через стенки между секциями по формуле (6.48).

Определяются величины температуры воздуха в каналах «1» и «2» во втором приближении по формулам (6.49, 6.50), приняв во внимание, что $q_1' = q_1'' = 0$.

При расхождении найденных значений $\tau''_{\text{кан «2»}}$ и $\tau''_{\text{кан «1»}}$ со значениями $\tau'_{\text{кан «2»}}$ и $\tau'_{\text{кан «1»}}$ более чем на 5 % расчет продолжается.

По найденным значениям

$$\tau'''_{\text{н кан «1»}} = \frac{\tau'_{\text{н кан «1»}} + \tau''_{\text{н кан «1»}}}{2}, \quad (6.61)$$

$$\tau'''_{\text{н кан «2»}} = \frac{\tau'_{\text{н кан «2»}} + \tau''_{\text{н кан «2»}}}{2} \quad (6.62)$$

уточняются значения $q_{3\text{норм}}$, $q_{4\text{норм}}$ и $q_{\text{ст}}$ по формулам (6.46, 6.47, 6.48).

При расхождении с определенными ранее значениями $\tau_{\text{кан}} \ll 1$ и $\tau_{\text{кан}} \ll 2$ более чем на 5 % уточнение указанных величин продолжается до получения удовлетворительного результата (5 % и менее).

Дальнейший расчет производится в соответствии с формулами (6.46, 6.47, 6.56, 6.57).

При параметрах работы сетей горячего водоснабжения, отличных от нормативных среднегодовых, перерасчет часовых тепловых потерь осуществляется по формуле

$$Q_{\langle 3, 4 \rangle}^{\text{норм}} = (Q_{\langle 3, 4 \rangle})^{\text{н}} \frac{t_3^{\text{норм}} + t_4^{\text{норм}} - 2\tau_{\text{гр}}^{\text{норм}}}{t_3^{\text{ср.г}} + t_4^{\text{ср.г}} - 2\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}}, \quad (6.63)$$

где $t_3^{\text{норм}}$, $t_4^{\text{норм}}$, $\tau_{\text{гр}}^{\text{норм}}$ – средние температуры теплоносителя в подающем трубопроводе сетей горячего водоснабжения, циркуляционном и грунта на глубине заложения трубопроводов в рассматриваемом расчетном периоде, °С.

Данные заносятся в таблицу Э.13 (приложение Э).

7. Расчет нормируемых тепловых потерь с нормативной утечкой теплоносителя и нормативного расхода воды на подпитку

7.1. Расчет нормируемых тепловых потерь с нормативной утечкой теплоносителя в водяных тепловых сетях

7.1.1. Нормирование значения утечки теплоносителя в водяных тепловых сетях

Нормативные среднегодовые значения утечки теплоносителя в водяных тепловых сетях не должны превышать в час 0,25 % среднегодового объема воды в тепловой сети и присоединенных к ней системах теплоснабжения (за исключением систем горячего водоснабжения, присоединенных через водоподогреватели).

Среднегодовой объем воды $V_p^{\text{ср.г}}$ определяется по формуле

$$V_p^{\text{ср.г}} = \frac{V_p^{\text{от}} Z^{\text{от}} + V_p^{\text{л}} Z^{\text{л}}}{Z^{\text{год}}}, \quad (7.1)$$

где $V_p^{\text{от}}$, $V_p^{\text{л}}$ – расчетный объем сетевой воды в системе теплоснабжения в отопительный и межотопительный период;

$Z^{\text{от}}$, $Z^{\text{л}}$, $Z^{\text{год}}$ – календарное число часов отопительного, межотопительного периода и календарное число часов в рассматриваемом году.

Сезонная норма утечки определяется из баланса

$$\gamma^{\text{от}} V_p^{\text{от}} Z^{\text{от}} + \gamma^{\text{л}} V_p^{\text{л}} Z^{\text{л}} = 0,25 V_p^{\text{ср.г}} Z^{\text{год}}, \quad (7.2)$$

где $\gamma^{\text{от}}$, $\gamma^{\text{л}}$ – норма утечки сетевой воды в отопительный и межотопительный (летний) периоды, %.

При этом норма утечки для межотопительного периода $\gamma^{\text{л}}$ не должна превышать 0,25 %.

7.1.2. Объем воды в системе теплоснабжения в отопительном периоде в целом

$$V_p^{\text{от}} = \Sigma V_{\text{р.тр}} + \Sigma V_{\text{потр}} = V_{\text{р.тр}} + V_{\text{р.тр}}^{\text{б}} + V_{\text{потр}}^{\text{от}} + V_{\text{потр}}^{\text{от.вв}} + V_{\text{потр}}^{\text{гв}} + V_{\text{потр}}^{\text{гв.вв}}, \quad (7.3)$$

где $V_p^{\text{от}}$ – расчетный объем воды в системе теплоснабжения в отопительный период;

$\Sigma V_{\text{р.тр}}^{\text{от}}$ – суммарный расчетный объем воды в трубопроводах водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения находящихся в эксплуатации;

$V_{\text{р.тр}}$ – расчетный объем воды в трубопроводах водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения, находящихся в эксплуатации (на балансе);

$V_{p.tr}^6$ – расчетный объем воды в трубопроводах водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения, вводимых в эксплуатацию (принимаемых на баланс);

$\Sigma V_{потр}^{от}$ – суммарный объем воды в системах теплопотребления;

$V_{потр}^{от}$, $V_{потр}^{гв}$ – объем воды в системах теплопотребления, имеющих отопительно-вентиляционную нагрузку и объем воды в системах горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения, находящихся в эксплуатации (на балансе);

$V_{потр}^{от.бв}$, $V_{потр}^{гв.бв}$ – объем воды в системах теплопотребления, вводимых в эксплуатацию (принимаемых на баланс).

7.1.3. Объем воды в системе теплоснабжения в межотопительный период будет равен объему воды в трубопроводах, находящихся в эксплуатации, объему воды в системах горячего водоснабжения в открытой системе теплоснабжения и в системах отопления, находящихся под избыточным давлением в целях защиты от внутренней коррозии,

$$V_p^l = (\Sigma V_{p.tr} + \Sigma V_{потр}^{от}) = V_{p.tr} + V_{p.tr}^6 + V_{потр}^{гв} + V_{потр}^{от} + V_{потр}^{гв.бв} - V_{p.tr}^{откл} - V_{потр}^{гв.откл} - V_{потр}^{от.откл}, \quad (7.4)$$

где $V_{потр}^{гв}$, $V_{потр}^{от}$ – объемы сетевой воды в системах горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения и в системах отопления, находящихся под избыточным давлением в межотопительный период;

$V_{p.tr}^6$ – расчетный объем воды в трубопроводах водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения, вводимых в эксплуатацию (принимаемых на баланс);

$V_{потр}^{гв.откл}$, $V_{потр}^{от.откл}$ – объем сетевой воды в системах горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения и в системах отопления, находящихся под избыточным давлением, отключаемых в межотопительный период;

$V_{потр}^{гв.бв}$ – объемы сетевой воды в системах горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения, вводимых в эксплуатацию в межотопительный период.

7.1.4. Определение расчетного объема воды в трубопроводах тепловой сети

7.1.4.1. Фактический объем воды в трубопроводах теплосети определяется по формуле

$$V_{тр} = \sum_{i=1}^m (f_{1i} \cdot L_{1i} + f_{2i} \cdot L_{2i}), \quad (7.5)$$

где f_{1i} , f_{2i} – площадь сечения подающего и обратного трубопровода «в свету», m^2 , в соответствии с приложением С;

L_{1i} , L_{2i} – длина подающего и обратного трубопровода, м.

В случае отсутствия необходимых данных площадь поперечного сечения трубопровода «в свету», f_i , определяется по формуле

$$f_i = 7,85 \cdot 10^{-7} \cdot (d - 2\delta)^2, \quad (7.6)$$

где d – наружный диаметр трубопровода, мм;

δ – толщина стенки трубопровода, мм.

7.1.4.2. Условно участки тепловой сети разделяются на несколько групп:

– группа I – участки трубопроводов, сооруженные по проектам, выполненным после 1 января 1997 г., и ПИ-трубопроводы;

– группа II – транзитные (участки теплосети от источников теплоты длиной 5 км и более без распределения теплоты), кроме группы I.

Остальные трубопроводы тепловых сетей разделяются на:

– группа III – участки надземной прокладки, в т.ч. в проходных каналах (тоннелях), помещениях и технических подпольях;

– группа IV – участки трубопроводов подземной прокладки;

– сети горячего водоснабжения.

7.1.4.3. В зависимости от группы участков теплосети и вида прокладки вводится поправочный коэффициент M_{Σ} к фактическому объему воды в трубопроводах этих участков и понятие «расчетный объем воды в трубопроводе участка теплосети» («расчетный объем»), который равен

$$V_{p.tri} = M_{\Sigma} V_{tri} = (1 + K_{ci}) m_i V_{tri}, \quad (7.7)$$

где V_{tri} – расчетный объем воды в трубопроводах i -го участка, m^3 ;
 V_{tri} – фактический объем воды в трубопроводах i -го участка, m^3 ;
 M_{Σ} – поправочный коэффициент к фактическому объему воды в трубопроводах;
 m_i – коэффициент, учитывающий насыщенность арматурой участка теплосети, условия обслуживания и возможность обнаружения утечки;
 K_{ci} – коэффициент, учитывающий старение (утрату ресурса) трубопровода.
Коэффициент, учитывающий старение (утрату ресурса) трубопровода, равен

$$K_{ci} = 3 (n / (\delta / \Pi))^{2,6}, \quad (7.8)$$

где n – срок эксплуатации трубопровода, год;
 δ – нормативная толщина стенки трубопровода, мм;
 Π – средняя скорость коррозии, мм/год.
Значения m_i и Π приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения m_i и Π

Группа участков теплосети	m_i	Π , мм/год
Группа I. Надземная и подземная прокладка	0,3	0,03
Группа II. Транзитный:		
подземная канальная прокладка	0,75	0,1
подземная бесканальная прокладка	0,8	0,2
надземная прокладка	0,7	0,07
Группа III. Надземная прокладка, в т.ч. в проходных каналах (тоннелях), помещениях и технических подпольях:		
$d_y 250-1400$ мм	0,75	0,07
$d_y \leq 200$ мм	0,8	0,07
Группа IV. Подземная прокладка:		
а) $d_y 250-1400$ мм (без учета транзитных):		
канальная прокладка	0,85	0,1
бесканальная прокладка	1,0	0,2
б) $d_y \leq 200$ мм:		
канальная прокладка	1,0	0,1
бесканальная прокладка	1,15	0,2
Сети горячего водоснабжения с оцинкованными трубопроводами:		
надземная прокладка	0,8	0,1
подземная канальная прокладка	1,0	0,15
подземная бесканальная прокладка	1,15	0,25

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.2 (приложение Э).

7.1.5. Средневзвешенный за год объем воды в трубопроводах, принимаемых на баланс, с числом часов их работы $Z_{\delta i}$ и с учетом группы теплосети

$$V_{p.tr}^6 = \frac{\sum_{i=1}^r (f_{1\delta i} \cdot L_{1\delta i} \cdot Z_{1\delta i} \cdot M_{\Sigma 1\delta i} + f_{2\delta i} \cdot L_{2\delta i} \cdot Z_{2\delta i} \cdot M_{\Sigma 2\delta i})}{Z_6^{год}}, \quad (7.9)$$

где $Z_6^{\text{год}}$ – время работы трубопровода (трубопроводов), принимаемого на баланс, с наибольшим временем его работы в рассматриваемом году, час.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.14 (приложение Э).

7.1.6. Объем воды в системах теплоснабжения определяется по формуле

$$V_{\text{потр}} = \sum_{i=1}^h Q_{\text{pi}} \cdot v_i, \quad (7.10)$$

где Q_{pi} – мощность i -й теплотребляющей системы МВт (Гкал/ч);

v_i – удельный объем воды на единицу мощности i -й теплотребляющей системы, $\text{м}^3/\text{МВт}$ ($\text{м}^3 \text{ ч}/\text{Гкал}$).

Значения v_i приведены в приложении Т.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.3 (приложение Э).

7.1.7. Средневзвешенный объем воды в системах теплоснабжения, вводимых в эксплуатацию в течение года, с временем их работы $Z_i^{\text{вв}}$ (ч)

$$V_{\text{потр}}^{\text{вв}} = \frac{\sum_{i=1}^k Q_{\text{pi}}^{\text{вв}} \cdot v_i^{\text{вв}} \cdot Z_i^{\text{вв}}}{Z^{\text{от}}}, \quad (7.11)$$

где $Q_{\text{pi}}^{\text{вв}}$ – мощность i -й вводимой в эксплуатацию системы теплоснабжения, МВт;

$v_i^{\text{вв}}$ – удельный объем воды в i -й вводимой в эксплуатацию системе теплоснабжения, $\text{м}^3/\text{МВт}$; v_i определяется из приложения Т;

$Z_i^{\text{вв}}$, $Z^{\text{от}}$ – число часов работы рассматриваемой i -й системы теплоснабжения, число часов отопительного периода.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.15 (приложение Э).

Примечания:

1. Допускается определять средневзвешенные тепловые нагрузки по видам теплоснабжения с суммированием их к тепловым нагрузкам соответствующего вида и температурного графика работы.

2. Средневзвешенная тепловая нагрузка определяется по формуле

$$Q_{\text{p}}^{\text{вв}} = \frac{\sum_{i=1}^k Q_{\text{pi}}^{\text{вв}} \cdot Z_i^{\text{вв}}}{Z^{\text{от}}}. \quad (7.12)$$

3. Суммарный объем воды в системах теплоснабжения $V_{\text{потр}} + V_{\text{потр}}^{\text{вв}}$ определяется в этом случае из формул (7.10–7.11) по суммарной нагрузке $Q_{\text{pi}} + Q_{\text{pi}}^{\text{вв}}$.

4. В соответствии со СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети», утвержденными приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 12 апреля 1996 г. № 91 (изданы Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 1996), объем воды в системах теплоснабжения промпредприятий и учреждений, имеющих разветвленные внутриплощадочные сети, при отсутствии данных по фактическим геометрическим размерам сетей и характеристикам теплотребляющих систем допускается принимать:

– 65 м^3 на 1 МВт расчетного теплового потока при закрытой системе теплоснабжения,

– 70 м^3 на 1 МВт – при открытой системе,

– 30 м^3 на 1 МВт средней нагрузки – при отдельных сетях горячего водоснабжения в открытой системе теплоснабжения.

5. Для объектов жилищно-коммунального сектора и административно-бытовых зданий объем воды в трубопроводах систем горячего водоснабжения в открытой системе теплоснабжения определяется по исполнительной документации. При отсутствии данных удельный объем систем горячего водоснабжения можно принимать 0,6 м^3 на 1 МВт максимально-часовой нагрузки (без учета объема воды в трубопроводах внешних сетей).

7.1.8. Расчетный средневзвешенный объем воды в отключаемых трубопроводах

$$V_{p.tr}^{откл} = \frac{\sum_{i=1}^e (f_{1(откл)i} \cdot L_{1(откл)i} \cdot M_{\varepsilon 1(откл)i} + f_{2(откл)i} \cdot L_{2(откл)i} \cdot M_{\varepsilon 2(откл)i}) \cdot Z_{(откл)i}}{Z^л}, \quad (7.13)$$

где $Z_{(откл)i}$, $Z^л$ – продолжительность отключения (час) i -го трубопровода, число часов межотопительного периода.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.16 (приложение Э).

7.1.9. Расчетный средневзвешенный объем воды в отключаемых системах теплопотребления (м³)

$$V_{потр}^{откл} = \frac{\sum_{i=1}^k Q_{pi}^{откл} \cdot v_i^{вв} \cdot Z_i^{откл}}{Z^л}, \quad (7.14)$$

где $Z_{(откл)i}$, $Z^л$ – продолжительность отключения (час) i -й системы теплопотребления, число часов межотопительного периода.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.17 (приложение Э).

7.1.10. Определение расчетного объема воды в системе теплоснабжения для рассматриваемого расчетного периода $V_p^{пер}$

7.1.10.1. Для отопительного периода по формуле (7.3) с корректировкой:

– значения $V_{p.tr}^6$ по формуле (7.9), принимая $Z_6^{год}$ равным числу часов работы трубопровода (трубопроводов), вводимого в эксплуатацию, с наибольшим предполагаемым временем его работы в расчетном периоде;

– значения $V_{потр}^{вв}$ по формуле (7.11) для потребителей, введенных в эксплуатацию в течение рассматриваемого расчетного периода с временем их работы $Z_i^{вв}$, подставляя вместо $Z^{от}$ число календарных часов расчетного периода.

7.1.10.2. Для межотопительного периода по формуле (7.4) с корректировкой:

– значения $V_{p.tr}^6$ в соответствии с 7.1.10.1;

– значения $V_{p.tr}^{откл}$ по формуле (7.13), подставляя вместо $Z^л$ число календарных часов расчетного периода;

– значения $V_{потр}^{вв}$ по формуле (7.11), подставляя вместо $Z^{от}$ число календарных часов расчетного периода;

– значения $V_{потр}^{откл}$ по формуле (7.14), подставляя вместо $Z^л$ число календарных часов расчетного периода.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.18 (приложение Э).

7.1.11. Определяется часовая расход воды с нормативной утечкой для расчетного периода (м³/ч):

– для отопительного периода:

1) для трубопроводов водяных тепловых сетей

$$G_{ут.tr}^{пер(от)} = \gamma^{от} \cdot V_{p.tr}^{пер(от)} \cdot 10^{-2}, \quad (7.15)$$

2) для систем теплопотребления

$$G_{потр}^{пер(от)} = \gamma^{от} \cdot V_{потр}^{пер(от)} \cdot 10^{-2}; \quad (7.16)$$

– для межотопительного периода:

1) для трубопроводов тепловых сетей

$$G_{\text{ут.тр}}^{\text{пер(л)}} = \gamma^{\text{л}} \cdot V_{\text{р.тр}}^{\text{пер(л)}} \cdot 10^{-2}, \quad (7.17)$$

2) для систем теплопотребления

$$G_{\text{потр}}^{\text{пер(л)}} = \gamma^{\text{л}} \cdot V_{\text{потр}}^{\text{пер(л)}} \cdot 10^{-2}. \quad (7.18)$$

В случае работы теплосети в рассматриваемом расчетном периоде частично в режиме отопительного ($Z^{\text{пер(от)}}$), а частично межотопительного ($Z^{\text{пер(л)}}$) периодов часовая утечка определяется отдельно для каждого из периодов.

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.19 (приложение Э).

7.1.12. Нормируемые тепловые потери с нормативной утечкой теплоносителя из системы теплоснабжения за расчетный период определяются по формуле

$$Q_{\text{ут}}^{\text{пер}} = C Z^{\text{пер}} \cdot [G_{\text{ут.тр}}^{\text{пер}} \rho_{\text{тср.тр}} (0,75t_{1}^{\text{ср.пер}} + 0,25t_{2}^{\text{ср.пер}} - \tau_{\text{х.и}}^{\text{ср.пер}}) + G_{\text{ут.потр}}^{\text{пер}} \rho_{\text{тср.потр}} (0,5(t_{1}^{\text{ср.пер}} + t_{2}^{\text{ср.пер}}) - \tau_{\text{х.и}}^{\text{ср.пер}})] 10^{-6}, \quad (7.19)$$

где $\rho_{\text{тср.тр}}$ – плотность воды (кг/м^3) с утечкой теплоносителя из трубопроводов тепловых сетей при температуре, определяемой из выражения

$$t_{\text{тр}}^{\text{ср.пер}} = 0,75t_{1}^{\text{ср.пер}} + 0,25t_{2}^{\text{ср.пер}},$$

где $t_{\text{тр}}^{\text{ср.пер}}$ – средневзвешенная температура утечки теплоносителя из трубопроводов тепловых сетей;

0,75; 0,25 – доля утечки теплоносителя из трубопроводов тепловых сетей для подающего и обратного трубопроводов;

$\rho_{\text{тср.потр}}$ – плотность воды (кг/м^3) с утечкой теплоносителя из систем теплопотребления при температуре, определяемой из выражения

$$t_{\text{потр}}^{\text{ср.пер}} = 0,5(t_{1}^{\text{ср.пер}} + t_{2}^{\text{ср.пер}}),$$

где $t_{\text{потр}}^{\text{ср.пер}}$ – средневзвешенная температура утечки теплоносителя из систем теплопотребления;

0,5 – доля утечки теплоносителя из систем теплопотребления для подающего и обратного трубопроводов;

$t_{1}^{\text{ср.пер}}$, $t_{2}^{\text{ср.пер}}$ – средние температуры теплоносителя за расчетный период в подающем и обратном трубопроводах в соответствии с утвержденным в соответствующем порядке температурным графиком, °С;

$\tau_{\text{х.и}}^{\text{ср.пер}}$ – средняя температура холодного источника за расчетный период;

C – теплоемкость воды, $C=4,187 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ ($C=1,0 \text{ ккал/кг} \cdot ^\circ\text{С}$).

Результаты расчета заносятся в таблицу Э.19 (приложение Э).

7.1.13. При расчете нормируемых прогнозируемых тепловых потерь среднемесячные температуры теплоносителя принимаются в соответствии с принятым в соответствующем порядке температурным графиком отпуска тепла. Температура холодного источника принимается как многолетняя из статистических данных по источнику теплоснабжения.

7.1.14. Годовые нормируемые прогнозируемые тепловые потери с утечкой теплоносителя определяются как сумма месячных потерь.

7.1.15. Результаты расчета сводятся в таблицу Э.19 (приложение Э).

7.2. Нормирование расхода воды на подпитку

7.2.1. Нормативный расход на подпитку будет складываться из нормативной утечки ($G_{\text{н.ут}}$) и производительной утечки ($G_{\text{пр.ут}}$), связанной с работой оборудования, систем

гидравлического регулирования, заполнением водогрейных котлов, трубопроводов, систем теплоснабжения после ремонта и т.п.,

$$G_{\text{под}} = G_{\text{н.ут}} \cdot Z^{\text{пер}} + G_{\text{пр.ут}}^{\text{пер}}. \quad (7.20)$$

Расчет нормативного расхода воды, связанного с нормативной утечкой теплоносителя из системы теплоснабжения, рассмотрен в 7.1.

Расход сетевой воды с производительной утечкой

$$G_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^m q_i^{\text{непр}} \cdot n_i^{\text{непр}} \cdot Z_i^{\text{непр}} + \sum_{i=1}^m q_i^{\text{опер}} \cdot n_i^{\text{опер}}, \text{ м}^3/\text{период}, \quad (7.21)$$

где $q_i^{\text{непр}}$, $n_i^{\text{непр}}$, $Z_i^{\text{непр}}$ – непрерывный нормируемый расход сетевой воды через элементы оборудования ($\text{м}^3/\text{ч}$), количество этого оборудования, находящегося в работе, число часов работы этого оборудования;

$q_i^{\text{опер}}$, $n_i^{\text{опер}}$ – нормируемый расход сетевой воды на одну технологическую операцию ($\text{м}^3/1$ опер), количество таких операций за расчетный период.

Численные значения $q_i^{\text{непр}}$ и $q_i^{\text{опер}}$ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Численные значения $q_i^{\text{непр}}$ и $q_i^{\text{опер}}$

Источник расхода сетевой воды	Обозначение	Единица измерения	Численная величина	Источник получения
Сальниковые уплотнения сетевых насосов производительностью: 2500 и выше	$q_i^{\text{непр}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	0,08	На основании замеров
от 1250 до 2500	$q_i^{\text{непр}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	0,04	
от 800 до 1250	$q_i^{\text{непр}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	0,03	
от 400 до 800	$q_i^{\text{непр}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	0,02	
менее 400	$q_i^{\text{непр}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	0,01	
Гидравлические регуляторы, работающие по сливной схеме РД-3	$q_i^{\text{непр}}$	$\text{м}^3/\text{ч}$	0,03	Данные СПО «Союзтехэнерго»
Гидрозатвор	$q_i^{\text{опер}}$	$\text{м}^3/1$ срабатыв.	0,5	На основании замеров
Пробоотборники котлов, сетевой, подпиточной воды	$q_i^{\text{опер}}$	$\text{м}^3/1$ проба	0,015	На основании замеров
Расход сетевой воды на заполнение трубопроводов, водогрейных котлов или систем теплоснабжения	$q_i^{\text{опер}}$	$\text{м}^3/1$ заполнен.	$1,5V_{\text{зап}}$	Пункт 3.11 настоящей Методики
Средний расход сетевой воды при опрессовке теплосетей и систем теплоснабжения	$q_i^{\text{опер}}$	$\text{м}^3/1$ опрессов.	$1,5V_{\text{опр}}$	Статистические данные

Примечание. В таблице $V_{\text{зап}}$ и $V_{\text{опр}}$ – фактический объем трубопроводов или систем теплоснабжения соответственно заполняемых и подлежащих опрессовке, м^3 .

7.3. Определение нормируемых эксплуатационных тепловых потерь с утечкой теплоносителя в водяных тепловых сетях

7.3.1. Расход воды с утечкой за расчетный период определяется из формулы

$$G_{\text{ут}}^{\Phi} = G_{\text{подп}}^{\Phi} - G_{\text{пр.ут}}^{\Phi}, \quad (7.22)$$

где $G_{\text{подп}}^{\Phi}$ – фактический расход воды на подпитку системы теплоснабжения за расчетный период, $\text{м}^3/\text{период}$;

$G_{\text{пр.ут}}^{\Phi}$ – фактический расход воды с производительной утечкой за расчетный период, $\text{м}^3/\text{период}$.

7.3.2. Расход сетевой воды с производительной утечкой определяется в соответствии с 7.2.

7.3.3. Фактические тепловые потери с утечкой определяются по формуле

$$Q_{\text{ут}}^{\text{пер}} = C [V_{\text{тр}}^{\text{отн}} G_{\text{ут}}^{\text{ф}} \rho_{\text{тср.тр}} (0,75t_{1\text{ср.пер}} + 0,25t_{2\text{ср.пер}} - \tau_{\text{х.и}}^{\text{ср.пер}}) + V_{\text{потр}}^{\text{отн}} G_{\text{ут}}^{\text{ф}} \rho_{\text{тср.потр}} (0,5(t_{1\text{ср.пер}} + t_{2\text{ср.пер}}) - \tau_{\text{х.и}}^{\text{ср.пер}})] Z^{\text{пер}} 10^{-6}, \quad (7.23)$$

где $V_{\text{тр}}^{\text{отн}}$, $V_{\text{потр}}^{\text{отн}}$ – отношение расчетных объемов воды в трубопроводах тепловых сетей и в системах теплоснабжения к суммарному объему воды в системе теплоснабжения за расчетный период.

7.4. Расчет нормируемых тепловых потерь с утечкой теплоносителя в сетях горячего водоснабжения в закрытой системе теплоснабжения

7.4.1. Нормирование значения утечки теплоносителя в сетях горячего водоснабжения

Нормативные значения утечки теплоносителя в сетях горячего водоснабжения не должны превышать в час 0,25 % суммы расчетного объема воды в тепловой сети и присоединенных к ней системах горячего водоснабжения

$$G_{\text{н.ут}}^{\text{гв}} = 0,25 (V_{\text{тр}}^{\text{гв}} + V_{\text{потр}}^{\text{гв}}) 10^{-2}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7.24)$$

где $G_{\text{н.ут}}^{\text{гв}}$ – нормативная утечка теплоносителя в сетях горячего водоснабжения;

$V_{\text{тр}}^{\text{гв}}$, $V_{\text{потр}}^{\text{гв}}$ – расчетный объем воды в трубопроводах тепловых сетей и потребителей горячего водоснабжения, м^3 .

Результаты расчета сводятся в таблицу Э.19 (приложение Э).

7.4.2. Порядок определения объема воды в трубопроводах определяется в соответствии с 7.1.4.

7.4.3. Объем воды в системах теплоснабжения следует определять по исполнительной документации. При отсутствии данных удельный объем систем горячего водоснабжения можно принимать:

– для сетей горячего водоснабжения промышленных предприятий 30 м^3 на 1 МВт средней нагрузки;

– для систем горячего водоснабжения объектов жилищно-коммунального сектора и административно-бытовых зданий 0,6 м^3 на 1 МВт максимально-часовой нагрузки (без учета объема воды в трубопроводах внешних сетей).

7.4.4. Нормируемые тепловые потери с утечкой в сетях горячего водоснабжения

$$Q_{\text{гв.ут}}^{\text{пер}} = C G_{\text{н.ут}}^{\text{гв.ср}} \rho_{\text{тср}} \left(\frac{t_{1\text{гв}}^{\text{ср.пер}} + t_{\text{цирк}}^{\text{ср.пер}}}{2} - \tau_{\text{х.и}}^{\text{ср.пер}} \right) Z^{\text{пер}} 10^{-6}, \quad (7.25)$$

где $Q_{\text{гв.ут}}^{\text{пер}}$ – нормируемые потери тепла с утечкой в сетях горячего водоснабжения;

$t_{1\text{гв}}^{\text{ср.пер}}$, $t_{\text{цирк}}^{\text{ср.пер}}$ – средние температуры теплоносителя за расчетный период в подающем и циркуляционном трубопроводах;

$\tau_{\text{х.и}}^{\text{ср.пер}}$ – средняя температура воды холодного источника.

Результаты расчета сводятся в таблицу Э.19 (приложение Э).

8. Расчет суммарных нормируемых тепловых потерь трубопроводами тепловых сетей и подключенными к ним системами теплоснабжения

8.1. Нормируемые тепловые потери в системе теплоснабжения складываются из нормируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов и с нормативной утечкой теплоносителя.

8.2. Нормируемые тепловые потери системой теплоснабжения определяются суммированием тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов, определенных по методике, изложенной в разделах 5, 6, и с нормативной утечкой теплоносителя, изложенной в разделе 7.

$$Q = Q_{\text{из}} + Q_{\text{ут}}, \text{ ГДж/период (Гкал/период)}. \quad (8.1)$$

8.3. Данные расчета сводятся в таблицу Э.20 (приложение Э).

9. Расчет тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции паропроводов и конденсаторов

9.1. Необходимые данные для расчета

9.1.1. Нормативная (проектная) температура пара в паропроводе – средняя по длине паропровода максимальная температура пара, $t_{\text{н.п}}$, °С. Нормативная (проектная) температура пара в паропроводе определяется из проекта, а в случае отсутствия – расчетом при максимальном потреблении пара.

9.1.2. Максимальная температура конденсата в конденсаторе, $t_{\text{н.к}}$, °С.

9.1.3. Вид прокладки – подземная, надземная, в тоннеле (проходном канале), помещении (техническом подполье) и т.п.

9.1.4. Наружный диаметр паропровода ($d_{\text{п}}$, мм), конденсаторов ($d_{\text{к}}$, мм) и его длина (L , м).

9.1.5. Среднегодовая температура окружающей среды:
– для надземной прокладки: среднегодовая температура воздуха, $\tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}$, °С;
– для подземной прокладки: среднегодовая температура грунта на глубине заложения оси трубопроводов, $\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}$, °С.

9.1.6. Абсолютное давление, температура и расход пара на источнике и у потребителей средние по каждому месяцу, МПа.

9.2. Расчет удельных нормативных потерь паропроводом и конденсатором

9.2.1. Определение удельных нормируемых тепловых потерь трубопроводами подземной прокладки

9.2.1.1. При совместной прокладке паропровода и конденсаторов в непроходном канале удельные среднегодовые потери определяются отдельно для паропровода и конденсаторов.

Значения удельных среднегодовых нормативных потерь паропроводом ($q_{\text{н.п}}^{\text{подз}}$) и конденсатором ($q_{\text{н.к}}^{\text{подз}}$) определяются путем линейной интерполяции между табличными значениями норм удельных тепловых потерь (плотности теплового потока) по нормативной (проектной) температуре пара $t_{\text{н.п}}$ и табличной температуре конденсата $t_{\text{т.к}} = 100$ °С.

Для паропроводов интерполяция производится путем линейной интерполяции по разности температур:

$$\Delta t_{\text{нп}} = t_{\text{нп}}^{\text{ср.г}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.г}}, \text{ °С}. \quad (9.1)$$

Для конденсаторов:

– выполненных в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959) – по табличным значениям;

– выполненных в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» – линейной интерполяцией по температуре пара.

9.2.1.2. При прокладке в непроходном канале только паропровода $q_{\text{н.п}}^{\text{подз}}$ определяется путем линейной интерполяции по разности температур

$$\Delta t_{н.п} = t_{н.п}^{ср.г} - \tau_{гр}^{ср.г}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (9.2)$$

Значения $q_{н.п}^{подз}$, $q_{н.к}^{подз}$ приводятся:

- для теплопроводов, выполненных в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959), – в приложении Ф;
- для теплопроводов, выполненных в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», – в приложении Х.

9.2.1.3. Расчет нормативных термических сопротивлений от трубопровода к воздуху канала при совместной прокладке паропровода и конденсатопровода

По формулам (6.1–6.6) определяется значение термического сопротивления канала и грунта $R_{кан} = R_{в.к} + R_{гр}$.

Определяется температура воздуха в канале при удельных нормативных потерях тепла $q_{н.п}^{подз}$, $q_{н.к}^{подз}$ и среднегодовой температуре грунта на глубине залегания $\tau_{гр}^{ср.г}$

$$\tau_{н(кан)} = \tau_{гр}^{ср.г} + (q_{н.п}^{подз} + q_{н.к}^{подз}) R_{кан}. \quad (9.3)$$

Значения нормативных термических сопротивлений от трубопровода к воздуху канала:

1) паропровода

$$R_{н.п} = \frac{t_{н.п}^{ср.г} - \tau_{н(кан)}}{q_{н.п}^{подз}}; \quad (9.4)$$

2) конденсатопровода

$$R_{н.к} = \frac{100 - \tau_{н(кан)}}{q_{н.к}^{подз}}. \quad (9.5)$$

9.2.1.4. Расчет нормируемых термических сопротивлений от трубопровода к воздуху канала

Расчет нормируемых термических сопротивлений $R_{норм.п}$, $R_{норм.к}$ определяется подстановкой в формулы (9.3–9.5) коэффициентов K_i , полученных при испытаниях,

$$\tau_{норм(кан)} = \tau_{гр}^{ср.г} + (K_п q_{н.п}^{подз} + K_к q_{н.к}^{подз}) R_{кан}, \quad (9.6)$$

$$R_{норм.п} = \frac{t_{н.п}^{ср.г} - \tau_{норм(кан)}}{K_п q_{н.п}^{подз}}, \quad (9.7)$$

$$R_{норм.к} = \frac{100 - \tau_{норм(кан)}}{K_к q_{н.к}^{подз}}, \quad (9.8)$$

где $\tau_{норм(кан)}$ – нормируемая температура воздуха в канале при среднегодовых условиях и фактических тепловых потерях, определенных при испытаниях;

$K_п$, $K_к$ – коэффициенты K для паропровода и конденсатопровода, определенные при испытаниях.

9.2.1.5. Расчет удельных нормируемых тепловых потерь

Температура воздуха в канале при средних за расчетный период параметрах пара, конденсата, грунта и нормируемых термических сопротивлениях от трубопровода к воздуху канала

$$\tau_{\text{кан}}^{\text{пер}} = \frac{t_{\text{п}}^{\text{ср.пер}} / R_{\text{норм.п}} + t_{\text{к}}^{\text{ср.пер}} / R_{\text{норм.к}} + \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.пер}} / R_{\text{кан}}}{1 / R_{\text{норм.п}} + 1 / R_{\text{норм.к}} + 1 / R_{\text{кан}}}. \quad (9.9)$$

Суммарный нормируемый удельный тепловой поток через теплоизоляционную конструкцию паропровода и конденсатопровода за расчетный период

$$q_{\text{п, к}}^{\text{ср.м}} = \frac{\tau_{\text{кан}}^{\text{пер}} - \tau_{\text{гр}}^{\text{ср.пер}}}{R_{\text{кан}}}. \quad (9.10)$$

9.2.2. Расчет удельных нормативных тепловых потерь для надземной прокладки

9.2.2.1. Значения $q_{\text{н.п}}^{\text{надз}}$ и $q_{\text{н.к}}^{\text{надз}}$ для различных диаметров теплопроводов, расположенных на открытом воздухе, определяются путем линейной интерполяции между табличными значениями удельных тепловых потерь по разности температур:

– для паропроводов

$$\Delta t_{\text{п}}^{\text{ср.г.надз}} = t_{\text{н.п}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}; \quad (9.11)$$

– для конденсатопроводов

$$\Delta t_{\text{к}}^{\text{ср.г.надз}} = t_{\text{н.к}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}. \quad (9.12)$$

Значения $q_{\text{н.п}}^{\text{надз}}$ и $q_{\text{н.к}}^{\text{надз}}$ приводятся:

– для теплопроводов, выполненных в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959), – в приложении Ж

– для теплопроводов, выполненных в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», – в приложении К.

9.2.2.2. Значения $q_{\text{н.п}}^{\text{пом}}$, $q_{\text{н.п}}^{\text{т}}$, $q_{\text{н.к}}^{\text{пом}}$, $q_{\text{н.к}}^{\text{т}}$ для различных диаметров трубопроводов при расположении их в помещении (техническом подполье) или тоннеле (проходном канале) определяются путем линейной интерполяции между табличными значениями удельных тепловых потерь по разности температур:

– помещение (техническое подполье):

1) для паропровода

$$\Delta t_{\text{н.п}}^{\text{пом}} = t_{\text{н.п}} - 15; \quad (9.13)$$

2) для конденсатопровода

$$\Delta t_{\text{н.к}}^{\text{пом}} = t_{\text{н.к}} - 15; \quad (9.14)$$

– тоннель (проходной канал):

1) для паропровода

$$\Delta t_{\text{н.п}}^{\text{т}} = t_{\text{н.п}} - 40; \quad (9.15)$$

2) для конденсатопровода

$$\Delta t_{\text{н.к}}^{\text{т}} = t_{\text{н.к}} - 40. \quad (9.16)$$

Значения $q_{\text{н.п}}^{\text{пом}}$, $q_{\text{н.п}}^{\text{т}}$, $q_{\text{н.к}}^{\text{пом}}$, $q_{\text{н.к}}^{\text{т}}$ приводятся:

– для теплопроводов, выполненных в соответствии с Нормами проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей (М.: Госстройиздат, 1959), – в приложении М;

– для теплопроводов, выполненных в соответствии со СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», – в приложении П.

При этом $q_{н.п}^T$, $q_{н.к}^T$ определяются из приложения М по разности температур по формулам пункта 9.2.4 с введением к найденным значениям коэффициента 0,85.

9.3. Определение часовых среднегодовых нормативных тепловых потерь

9.3.1. Значения часовых среднегодовых нормативных тепловых потерь для данного паропровода (конденсатопровода) определяется по следующим формулам:

– для участков с паропроводом подземной прокладки в непроходном канале

$$Q_{н(п, к)}^{ср.г} = 3,6 \cdot \sum_{i=1}^m q_{н(п)i}^{подз} \cdot \beta_i \cdot L_{(п, к)i}, \text{ кДж/ч, при } q_{н(п)i}^{подз} \text{ в Вт/м;} \quad (9.17)$$

$$Q_{н(п, к)}^{ср.г} = \sum_{i=1}^m q_{н(п)i}^{подз} \cdot \beta_i \cdot L_{(п, к)i}, \text{ ккал/ч, при } q_{н(п)i}^{подз} \text{ в ккал/м} \cdot \text{ч;} \quad (9.18)$$

– для участков надземной прокладки, прокладки в помещениях (технических подпольях), тоннелях (проходных каналах):

1) паропровод

$$Q_{н(п)}^{ср.г} = 3,6 \cdot \sum_{i=1}^m q_{н(п)i} \cdot \beta_i \cdot L_{(п)i}, \text{ кДж/ч, при } q_{н(п)i} \text{ в Вт/м;} \quad (9.19)$$

$$Q_{н(п)}^{ср.г} = \sum_{i=1}^m q_{н(п)i} \cdot \beta_i \cdot L_{(п)i}, \text{ ккал/ч, при } q_{н(п)i} \text{ в ккал/м} \cdot \text{ч;} \quad (9.20)$$

2) конденсатопровод

$$Q_{н(к)}^{ср.г} = 3,6 \cdot \sum_{i=1}^m q_{н(к)i} \cdot \beta_i \cdot L_{(к)i}, \text{ кДж/ч, при } q_{н(п)i} \text{ в Вт/м;} \quad (9.21)$$

$$Q_{н(к)}^{ср.г} = \sum_{i=1}^m q_{н(к)i} \cdot \beta_i \cdot L_{(к)i}, \text{ ккал/ч, при } q_{н(п)i} \text{ в ккал/м} \cdot \text{ч.} \quad (9.22)$$

9.3.2. Определяются нормативные часовые значения среднегодовых тепловых потерь трубопроводами, принимаемыми в течение рассматриваемого расчетного периода на баланс, отдельно по каждому виду прокладки по формулам (5.21, 5.22).

При подземной прокладке совместно паропровода с конденсатопроводом подставляется значение $q_{\delta i} = q_{н(п)i}^{подз}$.

9.3.3. Определяются нормативные часовые значения среднегодовых потерь трубопроводами, отключаемыми в течение расчетного периода на ремонт, по формулам (5.23, 5.24). При совместной прокладке паропровода и конденсатопровода $q_{откл i} = q_{н(п)i}^{подз}$.

9.3.4. Значения коэффициентов местных тепловых потерь определяются из пункта 5.5.4.

9.3.5. Производится суммирование нормативных тепловых потерь по всем видам прокладок, а в них по группам – с одинаковым коэффициентом К.

9.4. Расчет нормируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции паропроводов и конденсатопроводов

9.4.1. Нормируемые часовые значения среднегодовых тепловых потерь по участкам, подвергнутым испытаниям и не подвергнутым, но имеющим типы прокладки и конструкции изоляции, аналогичные испытанным участкам, находятся по формулам:

– для участков подземной прокладки с отдельно проложенным паропроводом в непроходном канале

$$Q_{\text{норм.п}}^{\text{ср.г}} = Q_{\text{н.п}}^{\text{ср.г(пр)}} K; \quad (9.23)$$

– для участков надземной прокладки, прокладки в помещениях (технических подвалах), тоннелях (проходных каналах):

1) паропровод

$$Q_{\text{норм(п)}}^{\text{ср.г}} = Q_{\text{н(п)}}^{\text{ср.г}} K_{\text{п}}, \text{ ДЖ/ч (ккал/ч)}; \quad (9.24)$$

2) конденсатопровод

$$Q_{\text{норм(к)}}^{\text{ср.г}} = Q_{\text{н(к)}}^{\text{ср.г}} K_{\text{к}}, \text{ ДЖ/ч (ккал/ч)}. \quad (9.25)$$

9.4.2. Нормируемые среднегодовые теплотери трубопроводами, отключаемыми в течение расчетного периода, определяются по формулам (9.22, 9.23, 9.24).

9.4.3. Нормируемым часовым значениям среднегодовых тепловых потерь для участков паропроводов с конденсатопроводами, не подвергшихся испытаниям и имеющих типы прокладки или конструкции изоляции, отличные от испытанных участков, принимаются нормативные значения среднегодовых тепловых потерь без введения в них каких-либо поправочных коэффициентов, т.е.

$$Q_{\text{норм}}^{\text{ср.г}} = Q_{\text{н}}^{\text{ср.г}}.$$

9.4.4. Нормируемые часовые значения среднегодовых потерь по видам прокладок в целом определяются путем суммирования тепловых потерь по охарактеризованным группам участков.

9.4.5. Определяются средние за расчетный период часовые нормируемые значения тепловых потерь путем пересчета нормируемых среднегодовых потерь с расчетного (проектного) среднегодового режима на предполагаемый режим расчетного периода.

9.4.5.1. При подземной прокладке совместно паропровода с конденсатопроводом среднемесячные потери тепла определяются по формулам:

$$Q_{\text{п.к}}^{\text{пер}} = 3,6 \cdot \Sigma q_{\text{ип.к}}^{\text{пер}} \cdot \beta_i \cdot L_{i(\text{п, к})}, \text{ кДЖ/ч, при } q_{\text{ип.к}}^{\text{ср.м}} \text{ в Вт/м}, \quad (9.26)$$

$$Q_{\text{п.к}}^{\text{пер}} = \Sigma q_{\text{ип.к}}^{\text{пер}} \cdot \beta_i \cdot L_{i(\text{п, к})}, \text{ ккал/ч, при } q_{\text{ип.к}}^{\text{ср.м}} \text{ в ккал/м} \cdot \text{ч}, \quad (9.27)$$

при этом $q_{\text{п.к}}^{\text{пер}}$ определяется по формуле в соответствии с 9.2.1.5.

9.4.5.2. Подземная прокладка одного паропровода

$$Q_{\text{норм(п, к)}}^{\text{ср.м}} = \Sigma Q_{\text{норм(п, к)}}^{\text{ср.г}} \cdot \frac{t_{\text{п}}^{\text{ср.м}} - t_{\text{г}}^{\text{ср.м}}}{t_{\text{н.п}} - \tau_{\text{г}}^{\text{ср.г}}}. \quad (9.28)$$

9.4.5.3. Надземная прокладка:

– паропровод

$$Q_{\text{норм(п)}}^{\text{возд}} = \Sigma Q_{\text{норм(п)}}^{\text{ср.г(возд)}} \cdot \frac{t_{\text{п}}^{\text{ср.м}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}}{t_{\text{н.п}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}}; \quad (9.29)$$

– конденсатопровод

$$Q_{\text{норм(к)}}^{\text{возд}} = \Sigma Q_{\text{норм(к)}}^{\text{ср.г(возд)}} \cdot \frac{t_{\text{к}}^{\text{ср.м}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}}{t_{\text{н.п}} - \tau_{\text{в}}^{\text{ср.г}}}. \quad (9.30)$$

$$t_{н.к} - \tau_{в}^{ср.г}$$

9.4.5.4. Прокладка в помещении (техническом подполье):

– паропровод

$$Q_{норм(п)}^{пом} = \Sigma Q_{норм(п)}^{ср.г(пом)} \cdot \frac{t_{п}^{ср.м} - 15}{t_{н.п} - 15}; \quad (9.31)$$

– конденсатопровод

$$Q_{норм(к)}^{пом} = \Sigma Q_{норм(к)}^{ср.г(пом)} \cdot \frac{t_{к}^{ср.м} - 15}{t_{н.к} - 15}. \quad (9.32)$$

9.4.5.5. Тоннель (проходной канал):

– паропровод

$$Q_{норм(п)}^T = \Sigma Q_{норм(п)}^{ср.г(T)} \cdot \frac{t_{п}^{ср.м} - 40}{t_{н.п} - 40}; \quad (9.33)$$

– конденсатопровод

$$Q_{норм(к)}^T = \Sigma Q_{норм(к)}^{ср.г(T)} \cdot \frac{t_{к}^{ср.м} - 40}{t_{н.к} - 40}. \quad (9.34)$$

9.4.6. Средние значения за расчетный период температуры теплоносителя должны определяться:

– средняя по длине паропровода – на основании заключенных договоров расчетом по методике раздела 10;

– конденсатопровода – по максимальной температуре возвращаемого конденсата (из договоров с потребителями).

9.4.7. Нормируемые значения тепловых потерь через изоляцию паропроводов и конденсатопроводов за расчетный период определяются по формуле

$$Q_{из(п, к)} = (Q_{норм(п)}^{подз} + Q_{норм(п.к)} + Q_{норм(п)}^{возд} + Q_{норм(к)}^{возд} + Q_{норм(п)}^{пом} + Q_{норм(к)}^{пом} + Q_{норм(п)}^T + Q_{норм(к)}^T) \cdot Z^{пер} \cdot 10^{-6}, \text{ ГДж (Гкал)}. \quad (9.35)$$

9.4.8. Нормируемые прогнозируемые теплопотери за квартал, год определяются как сумма месячных потерь.

9.4.9. Нормируемые эксплуатационные тепловые потери за прошедший промежуток времени определяются по формулам для определения нормируемых потерь с подстановкой в них вместо ожидаемых среднемесячных значений фактических значений температур, расхода и давления пара и конденсата на источнике и у потребителей, температур наружного воздуха и грунта по результатам эксплуатационных измерений и метрологическим данным. Так же должны быть внесены коррективы в исходные данные изменения материальной характеристики паровой сети с учетом сетей, принимаемых на баланс и отключаемых в течение месяца.

9.5. Определение фактических тепловых потерь паропроводами и конденсатопроводами

9.5.1. Определение фактических тепловых потерь в результате баланса отпущенной теплоэнергии по паропроводу и потребленной потребителями возможно только при режимах, которые обеспечивают у потребителей перегретое состояние пара, и оснащении всех потребителей теплосчетчиками.

При этом предельная относительная погрешность определения тепловых потерь может быть оценена на основании данных по относительной погрешности применяемых

измерительных систем, количества потребителей и их доли в теплоснабжении (см. приложение Ю).

9.5.2. Потери тепла, затраченные на прогрев паропровода при его пуске, определяются путем замера либо на основании математической модели работы реального паропровода.

10. Методика расчета температуры пара в паропроводе

10.1. В том случае, если при эксплуатационных режимах пар находится в перегретом состоянии, расчет производится в следующем порядке:

а) ориентировочно принимаются следующие параметры пара в конце рассматриваемого участка:

- 1) температура пара $t_{\text{кон}}^{(1)}$, °C;
- 2) абсолютное давление $P_{\text{кон}}^{(1)}$, МПа (кг/см²);
- б) определяются средние значения параметров на участке:
 - 1) температура

$$t_{\text{ср}}^{(1)} = \frac{t_{\text{нач}} + t_{\text{кон}}^{(1)}}{2}, \text{ °C}, \quad (10.1)$$

- 2) давление

$$P_{\text{ср}}^{(1)} = \frac{P_{\text{нач}} + P_{\text{кон}}}{2}, \text{ МПа (кг/см}^2\text{)}, \quad (10.2)$$

где $t_{\text{нач}}$ – температура пара в начале участка, °C;

$P_{\text{нач}}$ – давление пара в начале участка, МПа (кг/см²);

в) по $t_{\text{ср}}^{(1)}$ и абсолютному среднему давлению пара на участке ($P_{\text{ср}}^{(1)}$) определяется удельная изобарная теплоемкость C_p (кДж/кг·°C (ккал/кг·°C)) из приложения Ц.

10.2. При совместной прокладке паропровода с конденсатопроводом в непроходном канале:

- а) определяются термические сопротивления канала с грунтом ($R_{\text{кан}}$);
- б) определяются нормативные термические сопротивления от паропровода ($R_{\text{н.п}}^{\text{подз}}$) и конденсатопровода ($R_{\text{н.к}}^{\text{подз}}$) к воздуху канала;
- в) определяется средняя температура воздуха в канале в первом приближении по формуле (9.9);
- г) определяется температура пара в конце участка

$$t_{\text{кон}}^{(2)} = t_{\text{кан}}^{(1)} + \frac{t_{\text{нач}} - t_{\text{кан}}^{(1)}}{e \cdot L \cdot \beta / R_{\text{норм.п}} \cdot D \cdot C_p} - \Delta t_{\text{д}}, \quad (10.3)$$

где $e = 2,71828...$ – основание натурального логарифма,

D – расход пара, кг/с;

$\Delta t_{\text{д}}$ – падение температуры пара за счет дроссель-эффекта, °C;

д) в случае, если $t_{\text{кон}}^{(1)} - t_{\text{кон}}^{(2)} \leq \pm 5$ °C, расчет закончен;

е) в противном случае после вычисления $t_{\text{кон}}^{(2)}$ уточняется $t_{\text{ср}}$ и расчет повторяется до получения разницы $(t_{\text{кон}}^{(п)} - t_{\text{кон}}^{(п+1)}) \leq \pm 5$ °C.

В данном случае $t_{\text{кон}}^{(п)}$ и $t_{\text{кон}}^{(п+1)}$ – температуры пара в конце участка паропровода при (п)-м и (п+1) расчете.

10.3. Другие виды прокладок:

а) определяется термическое сопротивление от пара к воздуху соответствующего вида прокладки

$$R_{\text{н.п}} = \frac{t_{\text{н(п)}} - t_{\text{о}}^{\text{ср.г}}}{Kq_{\text{н(п)}}^{\text{ср.г}}}, \quad (10.4)$$

где $\tau_o^{cp.\Gamma}$ – среднегодовая нормативная температура окружающей паропровод среды, °С;

K – коэффициент K , полученный при испытаниях.

Для подземной прокладки одного паропровода $\tau_o^{cp.\Gamma} = \tau_{гр}^{cp.\Gamma}$.

Для воздушной прокладки $\tau_o^{cp.\Gamma} = \tau_{в}^{cp.\Gamma}$.

Для прокладки в помещении (техническом подполье) $\tau_o^{cp.\Gamma} = 15$ °С.

Для прокладки в тоннеле (проходном канале) $\tau_o^{cp.\Gamma} = 40$ °С;

б) определяется температура пара в конце участка по формуле (10.3).

При этом в формуле (10.3) вместо $\tau_{кан}$ подставляются средние значения $\tau_o^{пер}$ для расчетного периода:

– для подземной прокладки одного паропровода $\tau_o^{пер} = \tau_{гр}^{пер}$;

– для воздушной прокладки $\tau_o^{пер} = \tau_{в}^{пер}$;

– для прокладки в помещении (техническом подполье) $\tau_o^{пер} = 15$ °С;

– для прокладки в тоннеле (проходном канале) $\tau_o^{пер} = 40$ °С.

в) давление пара в конце участка $P_{кон}$ определяется по формуле

$$P_{кон}^{(2)} = P_{нач} \cdot \left(1 - \frac{2 h (1 + \alpha)}{P_{нач}} \cdot \frac{273 + t_{ср}}{273 + t_{нач}} \cdot L\right)^{0,5}, \text{ МПа}, \quad (10.5)$$

где h – удельное падение давления

$$h = A_R \cdot \frac{D^2}{\rho_{нач}(d_n - 2\delta)^5} \cdot 10^{-6}, \text{ МПа/м}, \quad (10.6)$$

где A_R – обобщенный коэффициент. $A_R = 10,6 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^{0,25} \cdot \text{с}^2/\text{м}$;

D – расчетный расход пара, кг/с;

$\rho_{нач}$ – плотность пара в начале участка, кг/м³, определяется из таблиц теплофизических свойств водяного пара (Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, Советский координационный комитет по свойствам водяного пара АН СССР, М.П.Вукалович, С.Л.Ривкин, А.А.Александров «Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара». Издательство стандартов, Москва, 1969 г.);

d_n, δ – наружный диаметр и толщина стенки паропровода, м;

α – коэффициент местных потерь давлений, с достаточной степенью точности может быть определен из таблицы 4.

Таблица 4 – Коэффициент местных потерь давлений

Типы компенсаторов	Диаметр паропровода, мм	Значение коэффициента α
Сальниковые	До 1020	0,2
П-образные с гнутыми отводами	До 325	0,5
П-образные со сварными отводами	219–325	0,7
П-образные со сварными отводами	426–529	0,9
П-образные со сварными отводами	630–1020	1,2

г) В случае, если

$$\frac{P_{кон}^{(2)} - P_{кон}^{(1)}}{P_{кон}^{(1)}} \cdot 100 \% \leq 5 \%,$$

расчет завершен.

д) в противном случае после вычисления $P_{кон}^{(2)}$ расчет повторяется до получения погрешности

$$\frac{P_{кон}^{(n+1)} - P_{кон}^{(n)}}{P_{кон}^{(n)}} 100 \% \leq 5 \%.$$

В данном случае $P_{\text{кон}}^{(n)}$ и $P_{\text{кон}}^{(n+1)}$ – значения давлений в конце участка при n -м и $(n+1)$ расчете.

е) по перепаду давления $\Delta P = P_{\text{нач}} - P_{\text{кон}}$ определяется падение температуры пара от дроссель-эффекта Δt_d , °C. Δt_d определяется по линии постоянной энтальпии из диаграммы i -s либо из таблиц теплофизических свойств водяного пара.

10.4. В том случае, если при эксплуатационных режимах пар становится влажным, расчет производится следующим образом:

а) по формуле (10.3) определяется температура пара в нескольких точках (не менее четырех) по длине теплотрассы;

б) по формуле (10.5) определяется давление пара в тех же точках;

в) в соответствии со значениями давлений определяются значения температур насыщения из таблиц теплофизических свойств водяного пара;

г) строятся линии расчетной температуры пара и температуры насыщения;

д) на пересечении вышеуказанных линий определяется точка перехода пара из перегретого во влажное состояние ($t_{\text{нач}}^{\text{вл}}$);

е) в первом приближении принимается значение давления в конце паропровода $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}$ (МПа);

ж) соответствующая $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}$ температура насыщения будет $t_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}$, °C;

з) средняя температура влажного пара

$$t_{\text{ср}}^{\text{вл}(1)} = \frac{t_{\text{нач}}^{\text{вл}} + t_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}}{2}; \quad (10.7)$$

и) определяются удельные теплоты паропроводом с влажным паром при $t_{\text{ср}}^{\text{вл}(1)}$ при температурах окружающей паропровод среды за расчетный период:

1) при совместной прокладке паропровода с конденсатопроводом в непроходном канале ход расчета аналогичен пункту 10.2, только вместо $t_{\text{ср}}^{(1)}$ подставляется значение $t_{\text{ср}}^{\text{вл}(1)}$;

2) для других видов прокладки

$$q_{\text{ср}}^{\text{вл}(1)} = q_{\text{норм}(n)} \cdot \frac{t_{\text{ср}}^{\text{вл}(1)} - \tau_{\text{о пер}}}{t_{\text{н}(n)} - \tau_{\text{о ср.г}}}; \quad (10.8)$$

к) определяются суммарные потери паропроводом с влажным паром

$$Q_{\text{вл}}^{\text{ср.м}(1)} = 3,6 \cdot \Sigma q_{\text{ср.г}}^{\text{вл}(1)} \cdot \beta_1^{\text{вл}} \cdot L_1^{\text{вл}}, \text{ кДж/ч, при } q_{\text{ср.г}}^{\text{вл}(1)} \text{ в Вт/м}; \quad (10.9)$$

$$Q_{\text{вл}}^{\text{ср.м}(1)} = \Sigma q_{\text{ср.г}}^{\text{вл}(1)} \cdot \beta_1^{\text{вл}} \cdot L_1^{\text{вл}}, \text{ ккал/ч, при } q_{\text{ср.г}}^{\text{вл}(1)} \text{ в ккал/м} \cdot \text{ч}; \quad (10.10)$$

л) энтальпия влажного пара в конце участка определяется по формуле

$$i_{\text{кон}}^{\text{вл}} = i_{\text{нач}}^{\text{вл}} - \frac{Q_{\text{вл}}^{\text{ср.м}(1)}}{D}, \text{ кДж/кг (ккал/кг)}, \quad (10.11)$$

где $i_{\text{нач}}^{\text{вл}}$ – энтальпия пара в начале участка, равная энтальпии сухого насыщенного пара i'' (кДж/кг (ккал/кг)), определяется из таблиц теплофизических свойств водяного пара по значению давления в этой точке;

D – расход пара на участке, кг/ч;

м) степень сухости пара в конце участка

$$X_{\text{кон}} = \frac{i_{\text{кон}}^{\text{вл}} - i'_{\text{кон}}}{R}, \quad (10.12)$$

где $i'_{\text{кон}}$ – энтальпия жидкости, кДж/кг (ккал/кг);

R – скрытая теплота парообразования при $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}$, кДж/кг (ккал/кг);

$i'_{\text{кон}}$, R – определяются из таблиц теплофизических свойств насыщенного водяного пара по $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}$;

н) определяется плотность влажного водяного пара в конце участка по формуле

$$\rho_{\text{кон}}^{\text{вл}} = \frac{\rho''_{\text{кон}} \cdot \rho'_{\text{кон}}}{X \cdot (\rho'_{\text{кон}} - \rho''_{\text{кон}}) + \rho''_{\text{кон}}}, \quad (10.13)$$

где $\rho''_{\text{кон}}$, $\rho'_{\text{кон}}$ – плотность сухого насыщенного пара и воды на линии насыщения (кг/м^3) из таблиц теплофизических свойств насыщенного водяного пара по $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}$;

о) определяется средняя плотность влажного пара на участке

$$\rho_{\text{ср}}^{\text{вл}} = \frac{\rho_{\text{нач}}^{\text{вл}} + \rho_{\text{кон}}^{\text{вл}}}{2}, \text{ кг/м}^3, \quad (10.14)$$

где $\rho_{\text{нач}}^{\text{вл}}$ – плотность пара в начале участка, определяется по $P_{\text{нач}}^{\text{вл}}$;

$\rho_{\text{нач}}^{\text{вл}} = \rho''_{\text{нач}}$, т.е. равна плотности сухого насыщенного пара на линии насыщения;

п) определяется давление пара в конце участка по формуле

$$P_{\text{кон}}^{\text{вл}(2)} = P_{\text{нач}}^{\text{вл}} \cdot \left(1 - \frac{2h \cdot (1 + \alpha)}{P_{\text{нач}}^{\text{вл}}} \cdot \frac{\rho_{\text{нач}}^{\text{вл}}}{\rho_{\text{ср}}^{\text{вл}}} \cdot L_{\text{вл}}\right)^{0,5}, \text{ Мпа}; \quad (10.15)$$

р) в случае, если

$$\frac{P_{\text{кон}}^{\text{вл}(2)} - P_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}}{P_{\text{кон}}^{\text{вл}(1)}} \cdot 100 \% \leq 5 \%,$$

расчет закончен.

В противном случае после вычисления $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(2)}$ расчет повторяется до получения погрешности

$$\frac{P_{\text{кон}}^{\text{вл}(n+1)} - P_{\text{кон}}^{\text{вл}(n)}}{P_{\text{кон}}^{\text{вл}(n)}} \leq 5 \%.$$

В данном случае $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(n)}$ и $P_{\text{кон}}^{\text{вл}(n+1)}$ – давления в конце участка при (n)-м и (n+1) расчете;

с) в случае, когда среднее значение давления на участке ($P_{\text{ср}}$) отличается не более чем на 5 % от давления в начале участка ($P_{\text{нач}}$) и в точке перехода пара во влажное состояние $P_{\text{нач}}^{\text{вл}}$, расстояние от начала участка до точки перехода пара во влажное состояние с достаточной для практических расчетов точностью можно определить по формуле

$$L_{\text{пер}} = \frac{R_{\text{н.п}} \cdot D \cdot C_p}{\beta \cdot K_{\text{п}}} \cdot \ln \frac{t_{\text{нач}} - \tau_0}{t_{\text{н}} - \tau_0}, \quad (10.16)$$

где $R_{\text{п}}$ – термическое сопротивление от паропровода к окружающей его среде на участке ($\text{м} \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ ($\text{м/ч} \cdot ^\circ\text{C/ккал}$));

D – расход пара на участке, кг/с (кг/час);

τ_0 – температура окружающей паропровод среды;

$\tau_{\text{н}}$ – температура насыщения при $P_{\text{ср}}$.

Библиография

[1] «Правила пользования тепловой энергией». Утверждены и введены в действие постановлением Министерства экономики Республики Беларусь № 9 от 19.01.2006. Зарегистрированы в Национальном реестре правовых актов РБ 20.01.2006, 8/13870.

[2] Нормы проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей. – М., Госстройиздат, 1959.

[3] Строительные нормы и правила. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. СНиП 2.04.14-88. Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 9 августа 1989 г. № 155.

[4] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Утверждены Министерством энергетики и электрификации СССР 20.02.1989.

[5] Правила технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей потребителей. Утверждены и введены в действие постановлением Министерства энергетики РБ 11.08.2003 № 31. Зарегистрированы в Национальном реестре правовых актов РБ 19.09.2003, 8/10012.

[6] «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов». Утверждено и введено в действие Монтажспецстроем СССР с 01.09.1977 протоколом от 24.03.1977.

[7] Я.А.Ковылянский «Надежность систем централизованного теплоснабжения. Научно-технические проблемы, концептуальные и методические основы, критерии надежности, методика расчетов, примеры».

[8] Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях, утвержденные Министерством топлива и энергетики Республики Беларусь 9 марта 1995 г. и зарегистрированные в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 28 января 2000 г., 8/2742.

[9] Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях. МУ 34-70-080-84, утверждены главным инженером по эксплуатации энергосистем Министерства энергетики и электрификации СССР 20 сентября 1984 г., введены в действие 1 января 1985 г., изданы СПО Союзтехэнерго, Москва, 1985 г.

[10] Временная методика по определению потерь тепловой энергии в сетях теплоснабжения с учетом их износа, сроков и условий эксплуатации, утвержденная постановлением Комитета по энергоэффективности от 30.01.2006 № 1 во исполнение п. 2.6 протокола заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 августа 2005 г.

[11] СНиП 2.04.01-88 «Внутренний водопровод и канализация зданий», утвержденные постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 4 октября 1985 г. № 169 (изданы Госстроем СССР, Москва, 1986 г., введены в действие 1 июля 1986 г.).

[12] СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети», утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 30 декабря 1986 г. № 75 (изданы Госстроем СССР, Москва, 1987 г., введены в действие 1 января 1988 г.).

[13] СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»/Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Минск, 2004.

[14] Пособие 2.04.03-96 к СНиП 2.04.14-88. «Автоматизированный расчет тепловой изоляции трубопроводов», утвержденным приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 30 сентября 1997 г. № 339, издано Минстройархитектуры Республики Беларусь, Минск, 1997.

[15] ГОСТ 19431-84 «Энергетика и электрификация. Термины и определения».

[16] ГОСТ 26691-85 «Теплоэнергетика. Термины и определения».

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Средние температуры наружного воздуха и грунта на глубине 1,6 м по областям Республики Беларусь

Месяц	Средняя температура (°C) наружного воздуха ($\tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}$) и грунта ($\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.м}}$) на глубине 1,6 м по областям											
	Брестская		Витебская		Гомельская		Гродненская		Минская		Могилевская	
	$\tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{в}}^{\text{ср.м}}$	$\tau_{\text{гр}}^{\text{ср.м}}$
Январь	-4,5	3,6	-7,9	2,9	-7,0	3,1	-5,1	4,1	-6,9	3,4	-7,6	3,1
Февраль	-3,5	2,6	-7,2	2,2	-6,1	2,3	-4,4	3,4	-6,2	2,7	-6,9	2,3

Март	0,7	2,4	-2,7	1,9	-1,5	2,1	0,5	3,0	-2,0	2,7	-2,3	2,0
Апрель	7,3	4,2	5,1	2,2	6,6	2,8	6,3	4,1	5,5	3,5	5,5	2,7
Май	13,6	8,6	12,6	5,3	13,9	7,6	12,9	7,4	12,7	7,4	12,9	6,8
Июнь	16,7	13,1	16,0	10,5	17,0	12,8	16,1	10,8	16,0	10,7	16,3	11,1
Июль	18,4	15,1	17,8	12,3	18,5	15,2	17,8	13,1	17,7	13,1	18,0	14,0
Август	17,4	16,0	16,2	13,7	17,4	16,0	16,7	14,0	16,3	13,9	16,5	14,8
Сентябрь	13,3	14,2	11,1	12,5	12,5	13,5	12,5	13,4	11,6	13,2	11,6	13,5
Октябрь	7,7	11,6	5,3	9,6	6,5	10,8	7,0	11,2	5,8	10,9	5,4	10,5
Ноябрь	2,6	7,8	-0,3	6,5	0,7	7,4	1,7	8,1	0,2	7,6	-0,1	6,9
Декабрь	-1,8	5,1	-5,1	4,1	-4,1	4,7	-2,7	5,6	-4,3	4,9	-4,9	4,5
Средняя за год	7,3	8,7	5,1	7,0	6,2	8,2	6,6	8,2	5,5	7,9	5,4	7,7
Средняя за отопительный период	0,2	4,7	-2,0	3,9	-1,6	4,2	-0,5	5,1	-1,6	4,6	-1,9	4,1

Примечания:

1. Значения температур наружного воздуха взяты из таблицы 4.4 СНБ 2.01.01-93 «Строительная теплотехника», утвержденных постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по архитектуре и строительству от 20 декабря 1993 г. № 3 (изданы Госкомитетом РБ по архитектуре и строительству, Минск, 1994 г., введены в действие 1 января 1994 г.).

2. Значения температур грунта на глубине 1,6 м определены путем анализа данных гидрометцентра Республики Беларусь.

3. Средние значения наружного воздуха и грунта на глубине 1,6 м за отопительный период определены расчетом из среднемесячных.

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б.1 – Нормы удельных потерь тепла изолированными водяными теплопроводами при подземной бесканальной прокладке и прокладке в непроходных каналах (для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.) с $t_{г\text{ср.г}} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубине заложения оси теплопровода

Наружный диаметр труб, d_n , мм	Вт/м (ккал/м·ч)						
	Для обратной линии $t_2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 52,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$
32	23 (20)	29 (25)	52 (45)	37 (32)	60 (52)	44 (38)	67 (58)
38	26 (22)	31 (27)	57 (49)	39 (34)	65 (56)	47 (40)	73 (62)
48	27 (23)	32 (28)	59 (51)	42 (36)	69 (59)	50 (43)	77 (66)
57	29 (25)	36 (31)	65 (56)	46 (40)	75 (65)	55 (47)	84 (72)
76	34 (29)	41 (35)	75 (64)	52 (45)	86 (74)	61 (53)	95 (82)
89	36 (31)	44 (38)	80 (69)	57 (49)	93 (80)	66 (57)	102 (88)
108	39 (34)	49 (42)	88 (76)	63 (54)	102 (88)	72 (62)	111 (96)
133	44 (38)	55 (47)	99 (85)	69 (60)	113 (98)	80 (69)	124 (107)
159	49 (42)	60 (52)	109 (94)	75 (65)	124 (107)	87 (75)	136 (117)
219	59 (51)	72 (62)	131 (113)	92 (79)	151 (130)	106 (91)	165 (142)
273	70 (60)	84 (72)	154 (132)	104 (90)	174 (150)	119 (103)	189 (163)
325	79 (68)	94 (81)	173 (149)	116 (100)	195 (168)	133 (115)	212 (183)
377	88 (76)	104 (90)	192 (166)	124 (107)	212 (183)	146 (126)	234 (202)
426	95 (82)	110 (95)*	205 (177)*	140 (121)	235 (203)	159 (137)	254 (219)
478	106 (91)	126 (109)*	232 (200)*	153 (132)	259 (223)	174 (150)	280 (241)
529	117 (101)	129 (111)*	246 (212)*	165 (142)	282 (243)	186 (160)	303 (261)
630	132 (114)	150 (129)*	282 (243)*	189 (163)	321 (277)	213 (184)	345 (298)
720	145 (125)	168 (145)*	313 (270)*	210 (181)	355 (306)	234 (202)	379 (327)
820	164 (141)	189 (163)*	353 (304)*	232 (200)	396 (341)	259 (223)	423 (364)
920	180 (155)	201 (173)*	381 (328)*	253 (218)	433 (373)	283 (244)	463 (399)
1020	197 (170)	222 (191)*	419 (361)*	278 (240)	475 (410)	308 (266)	506 (436)
1220	232 (200)	273 (235)	505 (435)	327 (282)	559 (482)	368 (317)	599 (517)
1420	251 (216)	288 (248)	539 (464)	371 (319)	622 (536)	405 (349)	656 (565)

Примечания:

1. Нормы удельных тепловых потерь определены из приложения 1 к документу «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция трубопроводов надземной и подземной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов», утвержденному и введенному в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издан ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.

2. Нормы удельных тепловых потерь, помеченные знаком *, приведены как оценочные ввиду их отсутствия в серии 3.903-9.

3. Значения норм удельных тепловых потерь для диаметров 1220 мм и 1420 мм ввиду их отсутствия в серии 3.903-9 определены методом экстраполяции и приведены как рекомендуемые.

Приложение В
(обязательное)

Таблица В.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах с $\tau_{гр.р}^{ср.г} = +5^\circ\text{C}$ на глубине заложения оси трубопроводов для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год 5000 и менее

Наружный диаметр труб, d_n , мм	Вт/м (ккал/м·ч)				
	Для обратной линии $t_2 = 50^\circ\text{C}$ $\Delta t = 45^\circ\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 65^\circ\text{C}$ $\Delta t = 60^\circ\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 52,5^\circ\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 90^\circ\text{C}$ $\Delta t = 85^\circ\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 65^\circ\text{C}$
32	12 (10)	18 (15,5)	30 (26)	26 (22)	37 (32)
38	13 (11)	19 (16)	32 (27)	27 (23)	39 (34)
48	14 (12)	21 (18)	35 (30)	29 (25)	42 (36)
57	15 (13)	22 (19)	37 (32)	33 (28)	47 (40)
76	19 (16)	27 (23)	46 (39)	38 (33)	54 (46)
89	20 (17)	29 (25)	49 (42)	41 (35)	58 (50)
108	22 (19)	33 (28)	55 (47)	46 (40)	65 (56)
133	23 (20)	34 (29)	57 (49)	49 (42)	69 (59)
159	26 (22)	38 (33)	64 (55)	54 (46)	76 (65)
219	31 (27)	48 (41)	79 (68)	66 (57)	92 (79)
273	35 (30)	54 (46)	89 (76)	76 (65)	105 (90)
325	40 (34)	62 (53)	102 (87)	87 (75)	115 (99)
377	44 (38)	68 (58)	112 (96)	93 (80)	127 (109)
426	47 (40)	76 (65)	123 (105)	109 (94)	146 (126)
478	49 (42)	77 (66)	126 (108)	112 (96)	151 (130)
529	54 (46)	88 (76)	142 (122)	126 (108)	169 (145)
630	58 (50)	98 (84)	156 (134)	140 (120)	185 (159)
720	63 (54)	107 (92)	170 (146)	163 (140)	210 (181)
820	72 (62)	130 (112)	202 (174)	181 (156)	229 (197)
920	75 (64)	138 (119)	213 (183)	190 (163)	247 (212)
1020	78 (67)	152 (131)	230 (198)	199 (171)	258 (222)
1220	86 (74)	185 (159)	271 (233)	257 (221)	323 (278)
1420	90 (77)	204 (175)	294 (253)	284 (244)	353 (304)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 1 приложения 7 к СНиП 2.04.14.88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 9 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., к табличным значениям вводится коэффициент $K_{г1} = 0,7$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

3. В нормах суммарно для двухтрубной прокладки учтено влияние одного трубопровода на другой.

Приложение Г
(обязательное)

Таблица Г.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах с $\tau_{гр,р}^{ср.г} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубине заложения оси трубопроводов для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год более 5000

Вт/м (ккал/м·ч)							
Наружный диаметр труб, d_n , мм	Для обратной линии $t_2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 52,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$
32	11 (9)	16 (14)	27 (23)	23 (20)	33 (28)	28 (24)	37 (32)
38	12 (10)	17 (15)	29 (25)	24 (21)	35 (36)	30 (26)	40 (34)
48	13 (11)	18 (16)	31 (27)	26 (22)	38 (33)	32 (28)	43 (37)
57	14 (12)	20 (17)	34 (29)	28 (24)	41 (35)	35 (30)	47 (40)
76	16 (14)	23 (20)	39 (34)	34 (29)	49 (42)	40 (34)	53 (46)
89	17 (15)	25 (22)	42 (37)	36 (31)	52 (45)	44 (38)	58 (50)
108	19 (16)	28 (24)	47 (40)	41 (35)	58 (50)	48 (41)	63 (54)
133	21 (18)	31 (27)	52 (45)	42 (36)	60 (52)	50 (43)	66 (57)
159	22 (19)	32 (28)	54 (47)	44 (38)	63 (54)	55 (47)	72 (62)
219	27 (23)	39 (34)	66 (57)	54 (46)	76 (65)	68 (58)	89 (77)
273	30 (26)	45 (39)	75 (65)	64 (55)	89 (77)	77 (66)	100 (86)
325	33 (28)	50 (43)	83 (71)	70 (60)	98 (84)	84 (72)	109 (94)
377	37 (32)	55 (47)	92 (79)	75 (65)	105 (90)	94 (81)	120 (103)
426	38 (33)	58 (50)	96 (83)	82 (71)	115 (99)	101 (87)	129 (111)
478	43 (37)	67 (57)	110 (94)	93 (80)	129 (111)	107 (92)	136 (117)
529	44 (38)	68 (58)	112 (96)	98 (84)	136 (117)	117 (101)	149 (128)
630	50 (43)	79 (68)	129 (111)	109 (94)	150 (129)	132 (114)	166 (143)
720	55 (47)	89 (77)	144 (124)	126 (108)	169 (145)	151 (130)	188 (162)
820	60 (52)	100 (86)	160 (138)	140 (120)	185 (159)	163 (140)	203 (175)
920	66 (57)	106 (91)	172 (148)	151 (130)	205 (176)	186 (160)	229 (197)
1020	71 (61)	117 (101)	188 (162)	158 (136)	215 (185)	192 (165)	239 (206)
1220	79 (68)	144 (124)	223 (192)	185 (159)	249 (214)	229 (197)	281 (242)
1420	82 (71)	152 (131)	234 (202)	210 (181)	278 (239)	252 (217)	308 (265)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 2 приложения 7 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 9 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., к табличным значениям вводится коэффициент $K_{т1} = 0,7$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

3. В нормах суммарно для двухтрубной прокладки учтено влияние одного трубопровода на другой.

Приложение Д
(обязательное)

Таблица Д.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке с $\tau_{гр,р}^{ср.г} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на глубине заложения оси трубопроводов для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год более 5000

Вт/м (ккал/м·ч)					
Наружный диаметр труб, d_n , мм	Для обратной линии $t_2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 52,5\text{ }^{\circ}\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$
32	25 (22)	33 (28)	58 (50)	44 (38)	68 (58)
57	31 (27)	40 (34)	71 (61)	54 (46)	83 (72)
76	34 (29)	45 (39)	79 (68)	60 (51)	93 (80)

89	35 (30)	46 (40)	81 (70)	61 (52)	95 (82)
108	38 (33)	49 (42)	87 (75)	65 (56)	100 (86)
133	41 (35)	53 (46)	94 (81)	72 (62)	111 (95)
159	46 (40)	60 (52)	106 (92)	80 (69)	123 (106)
219	50 (43)	66 (57)	116 (100)	89 (77)	137 (118)
273	55 (47)	72 (62)	127 (109)	96 (83)	147 (126)
325	59 (51)	79 (68)	138 (119)	105 (90)	161 (138)
377	65 (56)	86 (74)	151 (130)	113 (97)	173 (149)
426	68 (58)	91 (78)	159 (136)	121 (104)	184 (158)
478	72 (62)	97 (83)	169 (145)	129 (111)	196 (169)
529	78 (67)	105 (90)	183 (157)	138 (119)	210 (181)
630	87 (75)	117 (101)	204 (176)	156 (134)	236 (203)
720	93 (80)	126 (108)	219 (188)	170 (146)	256 (220)
820	102 (88)	140 (120)	242 (208)	186 (160)	279 (240)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 2 приложения 8 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 9 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., к табличным значениям вводится коэффициент $K_{Т1} = 0,8$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

3. При применении в качестве теплоизоляционного слоя пенополиуретана, фенольного поропласта ФЛ, полимербетона значения норм плотности теплового потока следует определять с учетом коэффициента $K_{Т2}$ (из таблицы 3 приложения 8 к СНиП 2.04.14-88).

Материал изоляционного слоя	Наружный диаметр трубопровода, мм			
	32–76	89–159	219–325	377–529
	коэффициент $K_{Т2}$			
Пенополиуретан, фенольпоропласт ФЛ	0,5	0,6	0,7	0,8
Полимербетон	0,7	0,8	0,9	1,0

4. В нормах суммарно для двухтрубной прокладки учтено влияние одного трубопровода на другой.

Приложение Е
(обязательное)

Таблица Е.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке с $\tau_{гр.р}^{ср.г} = +5^\circ\text{C}$ на глубине заложения трубопроводов для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год 5000 и менее

Наружный диаметр труб, d_n , мм	Для обратной линии $t_2 = 50^\circ\text{C}$ $\Delta t = 45^\circ\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 65^\circ\text{C}$ $\Delta t = 60^\circ\text{C}$	Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 52,5^\circ\text{C}$	Для подающей линии $t_1 = 90^\circ\text{C}$ $\Delta t = 85^\circ\text{C}$	Вт/м (ккал/м·ч)
					Суммарные для 2-трубной прокладки $\Delta t = 65^\circ\text{C}$
32	27 (23)	36 (31)	63 (54)	48 (41)	74 (64)
57	34 (29)	44 (38)	78 (67)	60 (52)	92 (79)
76	38 (33)	50 (43)	88 (76)	67 (58)	103 (89)
89	39 (34)	51 (44)	90 (77)	69 (59)	106 (91)
108	42 (36)	55 (47)	97 (83)	74 (64)	114 (98)
133	46 (40)	61 (52)	107 (92)	81 (70)	125 (108)
159	52 (45)	69 (59)	121 (104)	91 (78)	140 (120)
219	59 (51)	77 (66)	136 (117)	101 (87)	155 (133)
273	63 (54)	83 (71)	146 (126)	111 (95)	170 (146)
325	69 (59)	91 (78)	160 (138)	122 (105)	186 (160)
377	75 (65)	101 (87)	176 (151)	133 (114)	202 (174)
426	80 (69)	108 (93)	188 (162)	140 (120)	213 (183)
478	86 (74)	116 (100)	202 (174)	151 (126)	229 (197)

529	91 (78)	123 (106)	214 (184)	163 (140)	246 (212)
630	103 (89)	140 (120)	243 (209)	186 (160)	280 (241)
720	112 (96)	156 (134)	268 (230)	203 (175)	303 (261)
820	122 (105)	169 (145)	291 (250)	226 (194)	335 (288)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 1 приложения 8 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 9 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., к табличным значениям вводится коэффициент $K_{T1} = 0,8$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

3. При применении в качестве теплоизоляционного слоя пенополиуретана, фенольного поропласта ФЛ, полимербетона значения норм плотности теплового потока следует определять с учетом коэффициента K_{T2} (из таблицы 3 приложения 8 к СНиП 2.04.14-88).

Материал изоляционного слоя	Наружный диаметр трубопровода, мм			
	32–76	89–159	219–325	377–529
	коэффициент K_{T2}			
Пенополиуретан, фенольпоропласт ФЛ	0,5	0,6	0,7	0,8
Полимербетон	0,7	0,8	0,9	1,0

4. В нормах суммарно для двухтрубной прокладки учтено влияние одного трубопровода на другой.

Приложение Ж
(обязательное)

Таблица Ж.1 – Нормы удельных тепловых потерь одним изолированным теплопроводом при надземной прокладке при среднегодовой расчетной температуре воздуха +5 °С для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г. с числом часов работы в год более 5000

Наружный диаметр труб, d_n , мм	Вт/м (ккал/м·ч)				
	Норма удельных тепловых потерь при расчетной разности среднегодовых температур теплоносителя и воздуха $\Delta t = t - t_v$, °С				
	45	95	195	295	395
48	20 (17)	32 (28)	70 (60)	114 (98)	156 (134)
57	22 (19)	38 (33)	76 (65)	121 (104)	165 (142)
76	24 (21)	42 (37)	86 (74)	136 (117)	185 (159)
89	28 (24)	48 (41)	93 (80)	145 (125)	198 (170)
108	30 (26)	53 (46)	101 (87)	158 (136)	214 (184)
133	35 (30)	59 (51)	113 (97)	174 (150)	235 (202)
159	38 (33)	66 (57)	123 (106)	191 (164)	257 (221)
219	46 (40)	81 (70)	148 (127)	226 (194)	300 (258)
273	53 (46)	92 (79)	164 (141)	248 (213)	321 (276)
325	61 (53)	102 (88)	181 (156)	276 (237)	354 (305)
377	68 (59)	114 (98)	199 (171)	301 (259)	390 (335)
426	75 (65)	123 (106)	219 (188)	327 (281)	415 (357)
478	81 (70)	133 (115)	229 (197)	348 (299)	443 (381)
529	88 (76)	143 (124)	250 (215)	374 (322)	476 (409)
630	102 (88)	164 (141)	281 (242)	413 (355)	525 (451)
720	114 (98)	181 (156)	309 (266)	454 (390)	579 (498)
820	126 (109)	200 (172)	342 (294)	513 (441)	651 (560)
920	138 (119)	223 (192)	373 (321)	554 (476)	693 (596)
1020	150 (129)	252 (207)	400 (344)	587 (505)	759 (653)
1220	164 (141)	268 (230)	–	–	–
1420	184 (159)	293 (253)	–	–	–

Примечания:

1. Нормы удельных тепловых потерь определены из приложения 3 к документу «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки

водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов», утвержденному и введенному Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издан ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.

2. Значения удельных тепловых потерь для диаметров 1220 мм и 1420 мм ввиду их отсутствия в серии 3.903-9 определены методом экстраполяции и приведены как рекомендуемые.

Приложение И
(обязательное)

Таблица И.1 – Нормы удельных тепловых потерь одним изолированным теплопроводом при надземной прокладке при среднегодовой расчетной температуре воздуха +5 °С для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г. с числом часов работы в год 5000 и менее

Наружный диаметр труб, d_n , мм	Вт/м (ккал/м·ч)				
	Норма удельных тепловых потерь при расчетной разности среднегодовых температур теплоносителя и воздуха $\Delta t = t - t_{в}$, °С				
	45	95	195	295	395
48	23 (20)	38 (33)	79 (68)	124 (107)	172 (148)
57	26 (22)	45 (39)	85 (73)	133 (114)	181 (156)
76	28 (24)	51 (44)	97 (83)	149 (128)	204 (175)
89	31 (27)	57 (49)	105 (90)	160 (138)	217 (187)
108	35 (30)	63 (54)	117 (96)	174 (150)	235 (202)
133	40 (34)	70 (60)	179 (110)	192 (165)	258 (222)
159	44 (38)	79 (68)	140 (120)	116 (180)	283 (243)
219	53 (46)	95 (82)	167 (144)	244 (213)	330 (284)
273	60 (52)	112 (96)	198 (170)	294 (253)	381 (328)
325	70 (60)	124 (107)	220 (189)	328 (282)	422 (363)
377	80 (67)	138 (119)	241 (207)	358 (308)	463 (398)
426	85 (73)	149 (128)	261 (224)	386 (332)	494 (425)
478	93 (80)	163 (140)	277 (238)	414 (356)	527 (453)
529	101 (87)	176 (151)	302 (260)	445 (383)	566 (487)
630	116 (100)	200 (172)	341 (293)	491 (422)	625 (537)
720	128 (110)	221 (190)	374 (322)	540 (464)	688 (592)
820	142 (122)	244 (210)	414 (356)	611 (525)	775 (666)
920	157 (135)	272 (234)	451 (388)	658 (566)	825 (709)
1020	171 (147)	294 (253)	484 (416)	698 (600)	904 (777)

Примечание. Нормы удельных тепловых потерь определены из приложения 3 к документу «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов», утвержденному и введенному в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издан ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.

Приложение К
(обязательное)

Таблица К.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов на открытом воздухе с расчетной среднегодовой температурой наружного воздуха +5 °С для теплосетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год более 5000

Наружный диаметр, d_n , мм	Норма плотности теплового потока при расчетной разности среднегодовых температур теплоносителя и воздуха $\Delta t = t - t_{в}$, °С, Вт/м (ккал/м·ч)							
	45	95	145	195	245	295	345	395
21,3	10 (8,6)	20 (17)	30 (26)	42 (36)	55 (47)	68 (58)	53 (71)	99 (85)
26,8	11 (9,5)	22 (19)	34 (29)	47 (40)	60 (52)	75 (64,5)	914 (78)	108 (93)
32	13 (11)	25 (22)	37 (32)	52 (45)	66 (57)	82 (71)	99 (85)	117 (101)
48	15 (13)	29 (25)	44 (38)	59 (51)	77 (66)	95 (82)	115 (99)	136 (117)
57	17 (15)	31 (27)	47 (40)	64 (55)	82 (71)	102 (88)	123 (106)	145 (125)
76	19 (16)	36 (31)	54 (46)	72 (62)	93 (80)	114 (98)	137 (118)	162 (139)
89	21 (18)	39 (34)	58 (50)	77 (66)	99 (85)	122 (105)	147 (126)	172 (148)
108	24 (21)	43 (37)	64 (55)	85 (73)	109 (94)	134 (115)	160 (138)	187 (161)

133	27 (23)	49 (42)	70 (60)	93 (80)	122 (105)	149 (128)	178 (153)	208 (179)
159	30 (26)	54 (46)	77 (66)	102 (88)	134 (115)	164 (141)	194 (167)	226 (194)
219	37 (32)	65 (56)	93 (80)	122 (105)	159 (137)	194 (167)	228 (196)	266 (229)
273	43 (37)	75 (65)	106 (91)	138 (119)	179 (154)	215 (185)	254 (218)	294 (253)
325	49 (42)	84 (72)	118 (101)	155 (133)	198 (170)	239 (206)	280 (241)	324 (279)
377	55 (47)	93 (80)	131 (113)	170 (146)	218 (187)	261 (224)	306 (263)	353 (304)
426	61 (52)	102 (88)	142 (122)	185 (159)	236 (203)	282 (243)	330 (284)	380 (327)
478	65 (56)	109 (94)	152 (131)	197 (169)	252 (217)	301 (259)	351 (302)	404 (347)
529	71 (61)	119 (102)	166 (143)	211 (181)	271 (233)	322 (277)	376 (323)	431 (371)
630	82 (71)	136 (117)	188 (162)	240 (206)	306 (263)	363 (312)	422 (363)	483 (415)
720	92 (79)	151 (130)	209 (180)	264 (227)	337 (290)	399 (343)	463 (398)	529 (455)
820	103 (89)	167 (144)	213 (183)	292 (251)	371 (319)	438 (377)	507 (436)	579 (498)
920	113 (97)	184 (158)	253 (218)	319 (274)	405 (348)	477 (410)	551 (474)	628 (540)
1020	124 (107)	201 (173)	275 (237)	346 (297)	438 (377)	516 (444)	595 (512)	677 (582)
Криволинейные поверхности диаметром более 1020 мм и плоские	Нормы плотности теплового потока, Вт/м ² (ккал/м ²)							
	35 (30)	54 (46)	70 (60)	85 (73)	105 (90)	120 (103)	135 (116)	150 (129)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 2 приложения 4 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 19 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., вводится коэффициент $K_{Т1} = 0,8$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

Приложение Л
(обязательное)

Таблица Л.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов на открытом воздухе с расчетной среднегодовой температурой наружного воздуха +5 °С для теплосетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год 5000 и менее

Наружный диаметр, d _н , мм	Норма плотности теплового потока при расчетной разности среднегодовых температур теплоносителя и воздуха $\Delta t = t - t_{в}$, °С, q _н , Вт/м (ккал/м·ч)					
	45	95	145	195	245	295
32	15 (13)	28 (24)	42 (36)	57 (49)	73 (63)	90 (77)
48	18 (15)	33 (28)	49 (42)	66 (57)	86 (74)	105 (90)
57	19 (16)	36 (31)	53 (46)	71 (61)	91 (78)	113 (97)
76	23 (20)	41 (35)	61 (52)	81 (70)	104 (89)	127 (109)
89	25 (22)	45 (39)	66 (57)	87 (75)	112 (96)	137 (118)
108	28 (24)	50 (43)	73 (63)	97 (81)	123 (106)	150 (129)
133	32 (28)	56 (48)	81 (70)	107 (92)	139 (120)	168 (144)
159	35 (30)	63 (54)	89 (77)	118 (101)	153 (132)	185 (159)
219	44 (38)	77 (66)	109 (94)	142 (122)	184 (158)	221 (190)
273	51 (44)	88 (76)	125 (108)	161 (138)	207 (178)	248 (213)
325	59 (51)	101 (87)	140 (120)	181 (156)	231 (199)	278 (239)
377	66 (57)	112 (96)	155 (133)	200 (172)	255 (219)	305 (262)
426	73 (63)	122 (105)	170 (146)	217 (187)	276 (237)	331 (285)
478	80 (69)	132 (114)	182 (157)	233 (200)	298 (256)	353 (304)
529	88 (76)	143 (123)	197 (169)	251 (216)	322 (277)	379 (326)
630	100 (86)	165 (142)	225 (194)	288 (248)	365 (314)	432 (372)
720	114 (98)	184 (158)	250 (215)	319 (274)	404 (347)	475 (409)
820	128 (110)	205 (176)	278 (239)	353 (304)	447 (384)	526 (452)
920	141 (121)	226 (194)	306 (263)	388 (334)	487 (419)	574 (494)
1020	155 (133)	247 (212)	333 (286)	421 (362)	531 (457)	622 (535)
Криволинейные поверхности диаметром более 1020 мм и плоские	Нормы плотности теплового потока, Вт/м ² (ккал/м ²)					
	44 (38)	71 (61)	88 (76)	108 (93)	133 (114)	152 (131)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 2 приложения 4 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 19 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., вводится коэффициент $K_{T1} = 0,8$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

Приложение М
(обязательное)

Таблица М.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированным трубопроводом при прокладке в помещениях (технических подпольях) и тоннелях (проходных каналах) для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г. с числом часов работы в год более 5000

Наружный диаметр трубопровода, d_n , мм	Удельная норма тепловых потерь, q_n , Вт/м (ккал/м·ч)									
	прокладка в помещении (техническом подполье) с температурой воздуха +15 °С					прокладка в тоннеле (проходном канале) с температурой воздуха +40 °С				
	средняя расчетная разность температур теплоносителя и воздуха, °С					средняя расчетная разность температур теплоносителя и воздуха, °С				
	35	85	185	285	385	10	60	160	260	360
48	19 (16)	31 (27)	67 (58)	113 (97)	156 (134)	15 (13)	27 (23)	64 (55)	109 (94)	155 (133)
57	21 (18)	36 (31)	73 (63)	120 (103)	165 (142)	17 (15)	31 (27)	69 (59)	116 (100)	164 (141)
76	23 (20)	41 (35)	83 (71)	135 (116)	185 (159)	19 (16)	36 (31)	78 (67)	130 (112)	183 (157)
89	27 (23)	45 (39)	91 (78)	144 (124)	198 (170)	21 (18)	39 (34)	85 (73)	140 (120)	195 (168)
108	29 (24)	51 (44)	98 (84)	157 (135)	214 (184)	23 (20)	44 (38)	92 (79)	152 (131)	212 (182)
133	32 (28)	56 (48)	109 (94)	173 (149)	235 (202)	27 (23)	49 (42)	102 (88)	167 (144)	233 (200)
159	36 (31)	63 (54)	120 (103)	188 (162)	257 (221)	30 (26)	55 (47)	113 (97)	183 (157)	255 (219)
219	44 (38)	78 (67)	143 (123)	223 (192)	300 (258)	36 (31)	67 (58)	135 (116)	216 (186)	297 (255)
273	50 (43)	87 (75)	159 (137)	245 (211)	321 (276)	42 (36)	75 (65)	149 (128)	237 (204)	317 (273)
325	58 (50)	97 (84)	176 (151)	273 (235)	355 (305)	48 (41)	85 (73)	165 (142)	264 (227)	351 (302)
377	65 (56)	108 (93)	193 (166)	299 (257)	390 (335)	53 (46)	94 (81)	181 (156)	288 (248)	386 (332)
426	71 (61)	117 (101)	212 (182)	323 (278)	415 (357)	58 (50)	102 (88)	199 (171)	314 (270)	412 (354)
478	77 (66)	126 (109)	222 (191)	344 (296)	443 (381)	63 (54)	110 (95)	208 (179)	334 (287)	440 (378)
529	84 (72)	137 (118)	243 (209)	371 (319)	476 (409)	68 (59)	118 (102)	228 (196)	359 (309)	472 (406)
630	96 (83)	155 (134)	273 (235)	409 (352)	525 (451)	79 (68)	134 (116)	256 (220)	396 (341)	520 (447)
720	107 (92)	172 (148)	300 (258)	450 (387)	579 (498)	88 (76)	149 (129)	281 (242)	436 (375)	574 (494)
820	119 (103)	189 (163)	331 (285)	508 (437)	651 (560)	99 (85)	165 (142)	310 (267)	492 (423)	645 (555)
920	130 (112)	211 (182)	362 (311)	549 (472)	693 (596)	107 (92)	184 (159)	340 (292)	531 (457)	686 (590)
1020	140 (121)	229 (197)	388 (334)	582 (500)	759 (653)	116 (100)	198 (171)	364 (313)	563 (484)	753 (648)
1220	152 (131)	252 (217)	—	—	—	129 (111)	213 (184)	—	—	—
1420	177 (153)	274 (236)	—	—	—	151 (130)	233 (201)	—	—	—

Примечания:

1. Нормы удельных тепловых потерь определены из приложений 4, 5 к документу «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция для трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов», утвержденному и введенному в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издан ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.

2. Нормы удельных тепловых потерь для диаметров 1220 мм и 1420 мм ввиду их отсутствия в серии 3.903-9 определены методом экстраполяции и приведены как рекомендуемые.

Приложение Н
(обязательное)

Таблица Н.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированным трубопроводом при прокладке в помещениях (технических подпольях) и тоннелях (проходных каналах) для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г. с числом часов работы в год 5000 и менее

Наружный диаметр трубопровода, d_n , мм	Удельная норма тепловых потерь, q_n , Вт/м (ккал/м·ч)									
	прокладка в помещении (техническом подполье) с температурой воздуха +15 °С					прокладка в тоннеле (проходном канале) с температурой воздуха +40 °С				
	средняя расчетная разность температур теплоносителя и воздуха, °С					средняя расчетная разность температур теплоносителя и воздуха, °С				
	35	85	185	285	385	10	60	160	260	360
48	22 (19)	36 (31)	77 (66)	123 (106)	172 (148)	19 (16)	31 (27)	72 (62)	120 (103)	171 (147)
57	24 (21)	43 (37)	83 (71)	131 (113)	181 (156)	20 (17)	37 (32)	77 (66)	127 (109)	179 (154)
76	27 (23)	49 (42)	94 (81)	148 (127)	204 (175)	22 (19)	42 (36)	88 (76)	143 (123)	201 (173)
89	29 (25)	55 (47)	101 (87)	159 (137)	217 (187)	24 (21)	47 (40)	95 (82)	154 (132)	215 (185)
108	31 (27)	59 (51)	108 (93)	173 (149)	235 (202)	27 (23)	52 (45)	101 (87)	167 (144)	233 (200)
133	37 (32)	66 (57)	124 (107)	190 (163)	258 (222)	30 (26)	58 (50)	116 (100)	184 (158)	256 (220)
159	42 (36)	76 (65)	135 (116)	207 (178)	283 (243)	34 (29)	65 (56)	127 (109)	201 (173)	280 (241)
219	50 (43)	91 (78)	162 (139)	245 (211)	330 (284)	42 (36)	79 (68)	152 (131)	237 (204)	327 (281)
273	57 (49)	106 (91)	192 (165)	292 (251)	381 (328)	47 (40)	92 (79)	180 (155)	283 (243)	378 (325)
325	66 (57)	119 (102)	213 (183)	324 (279)	422 (363)	55 (47)	102 (88)	200 (172)	314 (270)	419 (360)
377	73 (63)	131 (113)	234 (201)	355 (305)	463 (398)	60 (52)	114 (98)	219 (188)	343 (295)	458 (394)
426	80 (69)	142 (122)	252 (217)	383 (329)	494 (425)	66 (57)	123 (106)	237 (204)	371 (319)	490 (421)
478	87 (75)	155 (133)	269 (231)	411 (353)	527 (453)	72 (62)	135 (116)	252 (217)	398 (342)	522 (449)
529	95 (82)	166 (143)	293 (252)	442 (380)	566 (487)	79 (68)	145 (125)	276 (237)	428 (368)	562 (483)
630	109 (94)	190 (163)	330 (284)	486 (418)	624 (537)	91 (78)	165 (142)	311 (267)	471 (405)	619 (532)
720	120 (103)	211 (181)	363 (312)	535 (460)	688 (592)	100 (86)	183 (157)	341 (293)	519 (446)	683 (587)
820	134 (115)	231 (199)	401 (345)	605 (520)	775 (666)	110 (95)	201 (173)	377 (324)	585 (503)	766 (659)
920	148 (127)	258 (222)	438 (377)	652 (561)	825 (709)	122 (105)	224 (193)	411 (353)	632 (543)	816 (702)
1020	160 (138)	279 (240)	470 (404)	692 (595)	904 (777)	133 (114)	243 (209)	440 (378)	670 (576)	896 (770)

Примечание. Нормы удельных тепловых потерь определены из приложений 4, 5 к документу «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция для трубопроводов надземной и подземной

канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов», утвержденному и введенному в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издан ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.

Приложение П
(обязательное)

Таблица П.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов в помещении (техническом подполье) и тоннеле (проходном канале) для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год более 5000

Наружный диаметр, d, мм	Удельная плотность теплового потока, q_n , Вт/м (ккал/м·ч)							
	Средняя разность температур теплоносителя и окружающего трубопровод воздуха (помещение $\Delta t_{\text{пом}} = t - 15$ /тоннель $\Delta t_t = t - 40$, °C)							
	35/10	85/60	135/110	185/160	235/210	285/260	335/310	385/360
21,3	8 (6,9)	18 (15,5)	28 (24)	40 (34)	53 (45,6)	66 (57)	81 (70)	96 (82,6)
26,8	9 (7,7)	20 (17)	32 (27,5)	45 (39)	58 (50)	73 (63)	89 (76,5)	106 (91)
32	10 (8,6)	22 (19)	35 (30)	49 (42)	64 (55)	79 (68)	97 (83)	115 (99)
48	12 (10)	26 (22)	41 (35)	57 (49)	74 (64)	93 (80)	112 (96)	134 (115)
57	13 (11)	28 (24)	44 (38)	61 (52)	80 (69)	99 (85)	120 (103)	142 (122)
76	15 (13)	32 (28)	50 (43)	69 (59)	90 (77)	112 (96)	134 (115)	159 (137)
89	16 (14)	35 (30)	54 (46)	74 (64)	97 (83)	119 (102)	143 (123)	169 (145)
108	18 (15)	39 (34)	60 (52)	81 (70)	105 (90)	130 (112)	156 (134)	184 (158)
133	21 (18)	44 (38)	66 (57)	90 (77)	118 (101)	145 (125)	175 (151)	205 (176)
159	24 (21)	49 (42)	73 (63)	98 (84)	130 (112)	160 (138)	190 (163)	223 (192)
219	29 (25)	59 (51)	88 (76)	118 (101)	155 (133)	189 (163)	225 (194)	261 (224)
273	34 (29)	68 (58)	100 (86)	133 (114)	174 (150)	211 (181)	249 (214)	289 (249)
325	39 (34)	77 (66)	112 (96)	149 (128)	193 (166)	233 (200)	275 (237)	319 (274)
377	44 (38)	85 (73)	124 (107)	164 (141)	212 (182)	256 (220)	301 (259)	348 (299)
426	48 (41)	93 (80)	135 (116)	178 (153)	230 (198)	276 (237)	324 (279)	374 (322)
478	52 (45)	101 (87)	145 (125)	190 (163)	245 (211)	294 (253)	345 (297)	398 (342)
529	57 (49)	109 (94)	156 (134)	205 (176)	264 (227)	316 (272)	370 (318)	426 (366)
630	67 (58)	125 (108)	179 (154)	232 (200)	298 (256)	356 (306)	415 (357)	477 (410)
720	74 (64)	139 (120)	199 (171)	256 (220)	328 (282)	391 (336)	456 (392)	522 (448)
820	84 (72)	155 (133)	220 (189)	283 (243)	362 (311)	430 (370)	499 (429)	571 (491)
920	93 (80)	170 (146)	241 (207)	309 (266)	395 (340)	468 (402)	543 (467)	620 (533)
1020	102 (88)	186 (160)	262 (225)	335 (288)	428 (368)	506 (435)	585 (504)	668 (574)
Криволинейные поверхности диаметром более 1020 мм и плоские	Нормы плотности теплового потока, Вт/м ² (ккал/м ²)							
	29 (25)	50 (43)	68 (58)	83 (71)	104 (89)	119 (102)	134 (115)	149 (128)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 1 приложения 4 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 19 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., вводится коэффициент $K_{Т1} = 0,8$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

3. При расположении трубопроводов в тоннеле (проходном канале) следует вводить коэффициент $K_{Т3} = 0,85$ (примечание 1 к таблице 3 приложения 4 к СНиП 2.04.14-88).

Приложение Р
(обязательное)

Таблица Р.1 – Нормы плотности теплового потока при расположении теплопроводов в помещении (техническом подполье) и тоннеле (проходном канале) для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г. с числом часов работы в год 5000 и менее

Наружный диаметр, d, мм	Удельная плотность теплового потока, q_n , Вт/м (ккал/м·ч)							
	Средняя разность температур теплоносителя и окружающего трубопровод воздуха (помещение $\Delta t_{\text{пом}} = t - 15$ /тоннель $\Delta t_t = t - 40$, °C)							
	35/10	85/60	135/110	185/160	235/210	285/260	335/310	385/360
21,3	9 (7,7)	20 (17)	31 (27)	44 (38)	57 (49)	72 (62)	87 (75)	104 (89)
26,8	10 (8,6)	22 (19)	35 (30)	49 (42)	64 (55)	80 (69)	97 (83)	115 (99)
32	11 (9,5)	25 (21,5)	39 (33,5)	54 (46)	70 (60)	87 (75)	106 (91)	125 (107,5)
22	9 (8)	20 (17)	31 (27)	44 (38)	57 (49)	72 (62)	87 (75)	104 (89)
27	10 (8,6)	22 (19)	35 (30)	49 (42)	64 (55)	80 (69)	97 (83)	115 (99)
32	11 (9)	25 (21,5)	39 (34)	54 (46)	70 (60)	87 (75)	106 (91)	125 (108)
48	13 (11)	29 (25)	46 (40)	64 (55)	83 (71)	103 (89)	124 (107)	146 (126)
57	15 (13)	32 (28)	49 (42)	68 (58)	89 (77)	110 (95)	132 (114)	156 (134)
76	17 (15)	37 (32)	57 (49)	78 (67)	101 (87)	124 (107)	149 (128)	176 (151)
89	20 (17)	41 (35)	62 (53)	84 (72)	108 (93)	133 (114)	160 (138)	188 (162)
108	22 (19)	45 (39)	69 (59)	93 (80)	119 (102)	146 (126)	175 (151)	205 (176)
133	25 (21,5)	51 (44)	77 (66)	102 (88)	135 (116)	165 (142)	196 (169)	229 (197)
159	28 (24)	56 (48)	85 (73)	114 (98)	149 (128)	181 (156)	215 (185)	251 (216)
219	36 (31)	70 (60)	103 (89)	137 (118)	179 (154)	216 (186)	256 (220)	299 (257)
273	42 (36)	81 (70)	118 (101)	155 (133)	201 (173)	242 (208)	287 (247)	332 (286)
325	48 (41)	92 (79)	133 (114)	174 (150)	225 (194)	270 (232)	319 (274)	368 (316)
377	53 (46)	103 (89)	147 (126)	193 (166)	248 (213)	299 (257)	350 (301)	404 (347)
426	60 (52)	113 (97)	162 (139)	210 (181)	269 (231)	324 (279)	379 (326)	436 (375)
478	64 (55)	122 (105)	173 (149)	225 (194)	291 (250)	347 (298)	405 (348)	465 (400)
529	71 (61)	132 (114)	188 (162)	243 (209)	314 (270)	373 (321)	435 (374)	499 (429)
630	81 (70)	152 (131)	215 (185)	277 (238)	357 (307)	423 (364)	492 (423)	562 (483)
720	91 (78)	170 (146)	239 (206)	309 (266)	394 (339)	467 (406)	541 (465)	618 (531)
820	102 (88)	190 (163)	265 (228)	342 (294)	436 (375)	515 (443)	596 (513)	679 (584)
920	114 (98)	209 (180)	292 (251)	375 (323)	478 (411)	563 (484)	650 (559)	740 (636)
1020	125 (108)	229 (197)	318 (273)	408 (351)	519 (446)	611 (525)	704 (605)	800 (688)
Криволинейные поверхности диаметром более 1020 мм и плоские	Нормы плотности теплового потока, Вт/м ² (ккал/м ²)							
	36 (25)	63 (43)	85 (58)	105 (71)	132 (89)	151 (102)	170 (115)	188 (128)

Примечания:

1. Нормы плотности теплового потока определены из таблицы 1 приложения 4 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 19 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.

2. Для участков тепловых сетей, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., вводится коэффициент $K_{T1} = 0,8$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).

3. При расположении трубопроводов в тоннеле (проходном канале) следует вводить коэффициент $K_{T3} = 0,85$ (примечание 1 к таблице 3 приложения 4 к СНиП 2.04.14-88).

Приложение С
(справочное)

Таблица С.1 – Площадь поперечного сечения трубопровода «в свету»

Наружный диаметр трубопровода, d, мм	Толщина стенки, δ, мм	Площадь поперечного сечения, f, м²	Наружный диаметр трубопровода, d, мм	Толщина стенки, δ, мм	Площадь поперечного сечения, f, м²
48	2,5	0,001451	426	8,0	0,1320
48	3,5	0,00132	426	9,0	0,1307
57	3,5	0,001963	426	10,0	0,1294
76	3,5	0,003737	478	8,0	0,1676
89	3,5	0,005278	478	9,0	0,1661
89	4,0	0,00515	478	10,0	0,1647
108	4,0	0,00785	529	8,0	0,2066
133	4,0	0,01227	529	9,0	0,2050
159	4,5	0,01766	529	10,0	0,2034
219	6,0	0,03364	630	8,0	0,2959
219	8,0	0,03235	630	9,0	0,2940
273	7,0	0,05266	720	10,0	0,3847
273	8,0	0,05185	820	12,0	0,4974
273	9,0	0,05104	920	12,0	0,6302
325	8,0	0,07496	920	13,0	0,6274
325	9,0	0,07399	1020	11,0	0,7819
325	10,0	0,07302	1020	13,0	0,7756
377	10,0	0,10005	1220	12,0	1,1229
377	9,0	0,10117	1420	14,0	1,5211
377	8,0	0,10230	1420	13,0	1,5254

Примечание. Площадь поперечного сечения «в свету» определялась по формуле $f = 7,85 \cdot 10^{-7} \cdot (d - 2\delta)^2$, м².

Приложение Т
(обязательное)

Приложение Т.1 – Удельный объем воды в системах теплоснабжения при различных перепадах температур в зависимости от типа теплоснабжающих систем

№ п/п	Теплоснабжающее оборудование в системе	Удельный объем воды v_i , м³/МВт (м³·ч/Гкал) при температурном перепаде в системе, °С					
		95–70	110–70	130–70	140–70	150–70	180–70
1	Радиаторы чугунные высотой 1000 мм	26,7 (31,0)	24,3 (28,2)	20,8 (24,2)	20,0 (23,2)	18,6 (21,6)	15,7 (18,2)
2	Радиаторы чугунные высотой 500 мм	16,8 (19,5)	15,1 (17,6)	13,0 (15,1)	12,6 (14,6)	11,4 (13,3)	9,5 (11,1)
3	Радиаторы стальные панельные высотой 500 мм	10,1 (11,7)	9,1 (10,6)	7,8 (9,1)	7,6 (8,8)	6,9 (8,0)	5,8 (6,7)
4	Радиаторы стальные панельные высотой 350 мм	8,6 (10,0)	7,7 (9,0)	6,7 (7,8)	6,45 (7,5)	5,8 (6,8)	4,8 (5,6)
5	Радиаторы стальные листотрубные и конвекторы	4,8 (5,6)	4,3 (5,0)	3,7 (4,3)	3,5 (4,1)	3,2 (3,7)	2,8 (3,2)
6	Трубы чугунные ребристые	12,2 (14,2)	10,8 (12,5)	9,3 (10,8)	8,9 (10,4)	7,9 (9,2)	6,9 (8,0)
7	Регистры из стальных труб	31,8 (37,0)	27,5 (32,0)	23,2 (27,0)	22,4 (26,0)	20,6 (24,0)	18,9 (22,0)
8	Калориферные отопительно-вентиляционные агрегаты	7,3 (8,5)	6,45 (7,5)	5,6 (6,5)	5,2 (6,0)	4,7 (5,5)	3,8 (4,4)

Примечание. Удельный объем воды в системах теплоснабжения определен из приложения 2 к Методическим указаниям по составлению энергетических характеристик для систем транспорта тепловой энергии (в трех частях). РД 153-34.0-20.523-98. Часть III. «Методические указания по составлению энергетической характеристики по показателю «потери сетевой воды», утвержденным Департаментом стратегии развития и научно-технической политики РАО «ЕАС России» 6 июля 1998 г., изданы СПО ОРГРЭС, Москва, 1999 г.

Приложение У
(обязательное)

Таблица У.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированными трубопроводами горячего водоснабжения и циркуляционными при прокладке в непроходных каналах, сооруженных до 1994 г.

Наружный диаметр трубопровода, мм	Вт/м (ккал/м·ч)			
	Удельные потери тепла при разности температур теплоносителя (t_r) и грунта ($\tau_{гр} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$): $\Delta t = t_r - 5, \text{ }^{\circ}\text{C}$			
	45		65	
	$q_n, \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$q_n, \text{ ккал/м}\cdot\text{ч}$	$q_n, \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$q_n, \text{ ккал/м}\cdot\text{ч}$
32	17	15	24	21
38	19	16,5	27	23
45	21	18	29	25
57	24	21	33	28
76	29	25	38	33
89	33	28	42	36
108	36	31	47	40
133	41	35	52	45
159	44	38	59	48
194	49	42	63	54
219	53	46	66	57
273	62	53	78	67
325	70	60	90	77
377	82	71	102	88
426	95	82	116	100
476	104	89	127	109
529	110	95	134	115
630	121	104	147	126
720	134	115	162	139
820	157	135	187	161

Примечание. Нормы удельных тепловых потерь определены из приложения 2 к документу «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция для трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов», утвержденному и введенному в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издан ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.

Приложение Ф
(обязательное)

Таблица Ф.1 – Нормы удельных тепловых потерь изолированными паропроводами и конденсатопроводами при их совместной прокладке в непроходных каналах со среднегодовой температурой грунта $\tau_{гр}^{ср.г} = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ для сетей со сроком ввода в эксплуатацию до 1994 г.

Наружный диаметр трубопровода, мм		Вт/м (ккал/м·ч)								
		Удельные тепловые потери при температуре теплоносителя t_n (перепад температур Δt), $^{\circ}\text{C}$								
		конденсато- провод	паропровод							
паропровод	конденсато- провод	100	$t_n = 115$ $\Delta t = 110$	$t_n = 150$ $\Delta t = 145$	$t_n = 200$ $\Delta t = 195$	$t_n = 250$ $\Delta t = 245$	$t_n = 300$ $\Delta t = 295$	$t_n = 350$ $\Delta t = 345$	$t_n = 400$ $\Delta t = 395$	$t_n = 450$ $\Delta t = 445$
32	32	36 (31)	42 (36)	53 (46)	72 (62)	90 (77)	108 (93)	126 (108)	144 (124)	163 (140)
38	32	36 (31)	45 (39)	58 (50)	78 (67)	98 (84)	115 (99)	133 (114)	152 (131)	172 (148)
45	32	36 (31)	49 (42)	62 (53)	84 (72)	105 (90)	126 (108)	145 (125)	167 (144)	188 (162)
57	32	36 (31)	52 (45)	67 (58)	91 (78)	112 (96)	134 (115)	156 (134)	178 (153)	201 (173)
76	38	39,5 (34)	58 (50)	77 (66)	100 (86)	126 (108)	149 (128)	172 (148)	198 (170)	221 (190)

89	45	42 (36)	65 (56)	83 (71)	108 (93)	133 (114)	158 (136)	184 (158)	209 (180)	235 (202)
108	45	42 (36)	72 (62)	90 (77)	117 (101)	145 (125)	172 (148)	200 (172)	215 (195)	254 (218)
133	57	46,5 (40)	79 (68)	99 (85)	129 (111)	158 (136)	188 (162)	219 (188)	247 (212)	278 (239)
159	76	52 (45)	86 (74)	109 (94)	140 (120)	172 (148)	204 (175)	238 (205)	267 (230)	302 (260)
194	89	58 (50)	95 (82)	120 (103)	151 (130)	188 (162)	223 (192)	259 (223)	291 (250)	326 (280)
219	89	58 (50)	102 (88)	128 (110)	163 (140)	204 (175)	242 (208)	279 (240)	314 (270)	351 (302)
273	108	64 (55)	116 (100)	145 (125)	186 (160)	230 (198)	271 (233)	312 (268)	355 (305)	395 (340)
325	133	70 (60)	130 (112)	163 (140)	209 (180)	256 (220)	302 (260)	349 (300)	395 (340)	442 (380)
377	159	75,5 (65)	146,5 (126)	181 (156)	231 (199)	279 (240)	329 (283)	379 (326)	430 (370)	477 (410)
426	194	85 (73)	164 (141)	201 (173)	254 (218)	302 (260)	356 (306)	409 (352)	463 (398)	512 (440)
476	219	91 (78)	176 (151)	215 (185)	273 (235)	326 (280)	384 (330)	436 (375)	488 (420)	547 (470)
529	273	101 (87)	186 (160)	228 (196)	285 (245)	349 (300)	407 (350)	465 (400)	523 (450)	582 (500)
630	325	116 (100)	208 (179)	254 (218)	320 (275)	384 (330)	448 (385)	512 (440)	582 (500)	645 (555)
720	325	116 (100)	226 (194)	277 (238)	345 (297)	416 (358)	488 (420)	558 (480)	630 (542)	700 (602)
820	325	116 (100)	256 (220)	309 (266)	384 (330)	463 (398)	540 (464)	622 (535)	698 (600)	773 (665)

Примечание. Нормы удельных тепловых потерь определены из приложения 2 к документу «Типовые конструкции тепловой изоляции. Серия 3.903-9. Изоляция для трубопроводов надземной и подземной канальной прокладки водяных тепловых сетей, паропроводов и конденсатопроводов», утвержденному и введенному в действие Минмонтажспецстроем СССР 1 сентября 1977 г., издан ВНИПИ Теплопроект, Москва, 1977 г.

Приложение X
(обязательное)

Таблица X.1 – Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность паропроводов и конденсаторов при их совместной прокладке в непроходных каналах со среднегодовой температурой грунта $\tau_{гр}^{ср.г} = 5^\circ\text{C}$ для тепловых сетей со сроком ввода в эксплуатацию с 1994 г.

Наружный диаметр трубопровода, мм		Вт/м (ккал/м·ч)											
		паропров.	конденс.	паропров.	конденс.	паропров.	конденс.	паропров.	конденс.	паропров.	конденс.	паропров.	конденс.
		Расчетная температура теплоносителя, t_n , перепад температур Δt , $^\circ\text{C}$											
паропровод	конденсаторовод	$t_n = 115$ $\Delta t = 110$	100	$t_n = 150$ $\Delta t = 145$	100	$t_n = 200$ $\Delta t = 195$	100	$t_n = 250$ $\Delta t = 245$	100	$t_n = 300$ $\Delta t = 295$	100	$t_n = 350$ $\Delta t = 345$	100
32	32	28 (24)	22 (19)	36 (31)	22 (19)	49 (42)	22 (19)	61 (52)	22 (19)	77 (66)	22 (19)	95 (82)	22 (19)
38	32	29 (25)	22 (19)	38 (33)	22 (19)	52 (45)	22 (19)	65 (56)	22 (19)	83 (71)	22 (19)	100 (86)	22 (19)
45	32	31 (27)	22 (19)	40 (34)	22 (19)	54 (46)	22 (19)	70 (60)	22 (19)	88 (76)	22 (19)	105 (90)	22 (19)
57	32	34 (29)	22 (19)	43 (37)	22 (19)	62 (53)	22 (19)	77 (66)	22 (19)	95 (82)	22 (19)	113 (97)	22 (19)
76	38	38 (33)	25 (21,5)	51 (44)	25 (21,5)	70 (60)	25 (21,5)	85 (73)	25 (21,5)	105 (90)	24 (21)	124 (107)	24 (21)
89	45	44 (38)	27 (23)	55 (47)	27 (23)	74 (64)	26 (22)	90 (77)	26 (22)	110 (95)	26 (22)	130 (112)	25 (21,5)
108	45	47 (40)	27 (23)	59 (51)	27 (23)	79 (68)	26 (22)	97 (83)	26 (22)	118 (101)	26 (22)	140 (120)	25 (21,5)
133	57	52 (45)	29 (25)	64 (55)	29 (25)	86 (74)	28 (24)	105 (90)	28 (24)	128 (110)	28 (24)	151 (130)	28 (24)
159	76	56 (48)	33 (28)	69 (59)	32 (27,5)	93 (80)	31 (27)	113 (97)	31 (27)	138 (119)	31 (27)	170 (146)	31 (27)
219	89	65 (56)	35 (30)	81 (70)	35 (30)	107 (92)	34 (29)	130 (112)	34 (29)	157 (135)	34 (29)	184 (158)	34 (29)
273	108	73 (63)	38 (33)	90 (77)	38 (33)	119 (102)	37 (32)	143 (123)	37 (32)	176 (151)	37 (32)	206 (177)	37 (32)
325	133	80 (69)	41 (35)	100 (86)	40 (34)	132 (114)	40 (34)	159 (137)	40 (34)	191 (164)	40 (34)	223 (192)	40 (34)
377	159	88 (76)	46 (40)	108 (93)	45 (39)	142 (122)	45 (39)	171 (147)	44 (38)	205 (176)	44 (38)	240 (206)	44 (38)
426	194	94 (81)	51 (44)	115 (99)	50 (43)	152 (131)	50 (43)	183 (157)	49 (42)	219 (188)	49 (42)	255 (219)	49 (42)
476	219	101 (87)	54 (46)	124 (107)	53 (45,5)	161 (138)	53 (45,5)	194 (167)	53 (45,5)	232 (200)	52 (45)	269 (231)	52 (45)
529	273	108 (93)	61 (52)	132 (114)	60 (52)	171 (147)	59 (51)	207 (178)	59 (51)	248 (213)	59 (51)	287 (247)	58 (50)
630	325	121 (104)	67 (58)	147 (126)	66 (57)	191 (164)	66 (57)	228 (196)	65 (56)	272 (234)	65 (56)	313 (269)	64 (55)
720	325	131 (113)	67 (58)	159 (137)	66 (57)	206 (177)	66 (57)	244 (210)	65 (56)	291 (250)	64 (55)	336 (289)	63 (54)
820	325	142 (122)	67 (58)	172 (148)	66 (57)	222 (191)	66 (57)	264 (227)	65 (56)	–	–	–	–

Примечания:

- Нормы плотности теплового потока определены из приложения 6 к СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов», утвержденным постановлением Государственного строительного комитета СССР от 19 августа 1988 г. № 155, изданы Госстроем СССР, Москва, 1989 г., введены в действие 1 января 1990 г.
- Для участков теплопроводов, сооруженных по проектам, выполненным после 1 июля 1995 г., вводится коэффициент $K_{т1} = 0,7$ (Изменение № 1 к СНиП 2.04.14-88, введенное постановлением Государственного комитета Республики Беларусь по строительству и архитектуре от 17 марта 1995 г. № 67).
- В нормах учтено влияние одного трубопровода на другой при их совместной прокладке.

График Ц1 – График для определения истинной теплоемкости перегретого пара, C_p в ккал/кг · град (при постоянном давлении)

***На бумажном носителе

Таблица Ш.1 – Основные размеры сборных железобетонных каналов для тепловых сетей (серия 3.006-2)

Условный диаметр трубопровода, d_y , мм	Обозначение (марка) канала	Внутренние размеры канала		Толщина, м		Примечания
		высота а	ширина b	перекрытия, $\delta_{пер}$	стенки, $\delta_{ст}$	
25–40	КЛ 60-30	0,3	0,6	0,07	0,125	Данные получены из таблицы 2-30 работы В.А.Переверзев, В.В.Шумов «Справочник мастера тепловых сетей», Ленинград, «Энергия», 1980 г.
50–70	КЛ 60-45	0,45	0,6	0,075	0,125	
	КЛ 60-60	0,45	0,6	0,075	0,125	
80–150	КЛ 90-45	0,45	0,9	0,09	0,125	
	КЛ 90-60	0,45	0,9	0,09	0,125	
	КЛ 90-90	0,45	0,9	0,09	0,125	
	КЛ 120-45	0,45	1,2	0,09	0,125	
175–250	КЛ 120-60	0,6	1,2	0,09	0,125	
	КЛ 120-90	0,6	1,2	0,09	0,125	
	КЛ 150-45	0,45	1,5	0,125	0,15	
	КЛ 150-60	0,6	1,5	0,125	0,15	
300–400	КЛ 150-90	0,9	1,5	0,125	0,15	
	КЛ 180-60	0,60	1,8	0,145	0,175	
	КЛ 180-90	0,60	1,8	0,145	0,175	
	КЛ 210-60	0,60	2,1	0,15	0,2	
	КЛ 210-90	0,60	2,1	0,15	0,2	
	КЛ 240-90	0,9	2,4	0,15	0,225	
	КЛ 300-90	0,9	3,0	0,155	0,25	
25–32	КНЖМ-0	0,3	0,5	0,065	0,225	
50–70	КНЖМ-1	0,41	0,75	0,08	0,07	
80–150	КНЖМ-2	0,51	1,0	0,09	0,07	
200–250	КНЖМ-3	0,65	1,25	0,09	0,07	
300–350	КНЖМ-4	0,81	1,5	0,09	0,07	
400	КНЖМ-V	0,91	1,6	0,09	0,07	

Таблица III.1 – Выбор конструкции канала при совместной прокладке трубопроводов отопления и горячего водоснабжения

Условный диаметр труб отопления, Ду, мм	Условный диаметр труб сетей горячего водоснабжения (подающий трубопровод), Ду, мм											
	25	32	40	50	70	80	100	125	150	175	200	250
25	КЛ120х45	КЛ120х45										
32												
40			КЛ120х45									
50				КЛ120х45								
70			КЛ120х45		КЛ120х45	КЛ120х45						
80				КЛ150х45								
100			КЛ150х45		КЛ150х45		КЛ150х45					
125			КЛ150х45		КЛ180х60		КЛ180х60					
150			КЛ180х60									
175	КЛ150х60			КЛ180х60								
200	КЛ180х60						КЛ210х60					
250					КЛ210х60		КЛ210х60				КЛ240х90	
300	КЛ210х60					КЛ210х60	КЛ210х60		КЛ240х90		КЛ240х90	КЛ300х90
350							КЛ240х90		КЛ240х90			
400							КЛ240х90		КЛ300х90			

(наименование вышестоящей организации)

(то же сокращенно)

(наименование организации, эксплуатирующей теплосеть)

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

(должность представителя Госкомэнергосбережения)

(ответственное лицо вышестоящей организации)

(подпись)

(Ф.И.О.)

200 Г.

(число)

(месяц)

(подпись)

(Ф.И.О.)

200 Г.

(число)

(месяц)

РАСЧЕТ

НОРМИРУЕМЫХ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ

гор. _____ находящихся на балансе
(наименование города, поселка и т.п.)

на 200 г.

(сокращенное наименование предприятия)

Начальник

(подразделение, производившее расчет)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Исполнители:

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Расчет проверил:

(должность представителя вышестоящей организации)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Расчет соответствует положениям Методики

(должность и место работы проверяющего)

(подпись)

(Ф.И.О.)

200 г.

Таблица Э.1 – Среднемесячные температуры воздуха, теплоносителя, грунта на уровне залегания оси трубопровода и исходной воды, идущей на подпитку тепловых сетей

Месяц	Средняя температура (многолетняя)			Температура теплоносителя, °С			
				подающая, t_1		обратная, t_2	
	воздуха, $\tau_{в}^{ср.м}$	грунта, $\tau_{гр}^{ср.м}$	исходной воды, $\tau_{и}^{ср.м}$	по проектному графику	по фактически применяемому	по проектному графику	по фактически применяемому
Январь	–4,5	3,6	4,8	98,5	89,5	52,9	46
Февраль	–3,5	2,6	4,9	95,3	86,5	51,2	45
Март	0,7	2,4	6,0	81,6	76,2	46,2	40,7
Апрель (отопительный)	7,3	4,2	9,1	70	66,2	39,1	36,8
Апрель (межотопительный)	7,3	4,2	9,1	70	65	35	42
Май	13,6	8,6	14,5	70	65	35	42
Июнь	16,7	13,1	21,5	70	65	35	42
Июль	18,4	15,1	22,7	70	65	35	42
Август	17,4	16,1	21,3	70	65	35	42
Сентябрь	13,3	14,2	16,3	70	65	35	42
Октябрь (межотопительный)	7,7	11,6	11,6	70	65	35	42
Октябрь (отопительный)	7,7	11,6	11,6	70	66,2	39	36,7
Ноябрь	2,6	7,8	9,1	75,3	68,2	43,7	38,4
Декабрь	–1,8	5,1	5,4	89,7	81,9	49,2	43,8
Средняя за год	7,3	8,7		77,5		41,3	
Средняя за отопительный период	0,2	4,7		83,2		46,8	

Таблица Э.2 – Геометрические характеристики водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения, находящихся на балансе по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному (в числителе – значения для отопительного периода, в знаменателе – для межотопительного)

[illegible]

Тип теплопотребляющей системы с перепадом температуры теплоносителя в ней $t_1 - t_2$, °C	Тепловая нагрузка (в скобках – находящаяся на балансе энергоснабжающей организации), Q_{pi} , МВт (ккал/ч)	Удельный объем воды в системе, v_i , м³/МВт (м³·ч/ккал)	Объем воды в системе, $V_{потр} = Q_{pi} \cdot v_i$, м³
Водяные системы теплоснабжения			
.....			
ИТОГО			
Сети горячего водоснабжения			
.....			
ИТОГО			

[illegible]

1. $Q_{\delta i}^{cp.r} = 3,6 \cdot q_{\delta i} \cdot \beta_{\delta i} \cdot L_{\delta i}$, кДж/ч, при $q_{\delta i}$ в Вт/м.
2. $Q_{\delta i}^{cp.r} = q_{\delta i} \cdot \beta_{\delta i} \cdot L_{\delta i}$, ккал/ч, при $q_{\delta i}$ в ккал/м·ч.

Тип прокладки	Наружный диаметр трубопровода, толщина стенки, d x δ, мм		Длина трубопровода, L _{(откл)j} , м		Срок вывода в ремонт	Число часов работы в месяц, Z _{(откл)i} , час	Коэффициент местных теплопотерь, β _{(откл)i}	Удельные нормативные теплопотери, q _{(откл)j} , Вт/м (ккал/м·ч)		Часовые среднегодовые нормативные теплопотери, Q _{(откл)i} ^{ср.г.} , кДж/ч (ккал/ч)	
	под.	обр.	под.	обр.				под.	обр.	под.	обр.
Водяные тепловые сети											
Надземная		K=...									
											
ИТОГО с K=...											
		K=...									
											
ИТОГО с K=...											
ИТОГО по											

надземной прокладке											
Сети горячего водоснабжения											

Примечания:

- $Q_{(откл)i} = 3,6 \cdot q_{(откл)i} \cdot \beta_{(откл)i} \cdot L_{(откл)i}$, кДж/ч, при $q_{(откл)i}$ в Вт/м.
- $Q_{(откл)i} = q_{(откл)i} \cdot \beta_{(откл)i} \cdot L_{(откл)i}$, ккал/ч, при $q_{\delta i}$ в ккал/м·ч.

Таблица Э.6 – Расчет часовых среднегодовых нормативных потерь тепла трубопроводами теплосети, находящимися на балансе по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному (в числителе – значения для отопительного периода, в знаменателе – для межотопительного)

Тип прокладки	Наружный диаметр трубопровода, d, мм		Длина трубопровода, L _i , м		Удельные нормативные теплотери, q _{нi} ^{ср.г} , Вт/м (ккал/м·ч)		Удельный коэффициент теплотерь, β _i	Часовые среднегодовые нормативные теплотери, Q _{нi} ^{ср.} , кДж/ч (ккал/ч)	
	под.	обр.	под.	обр.	под.	обр.		под.	обр.
	Водяные тепловые сети								
Надземная									
									
ИТОГО по надземной прокладке									
Подземная									
									
									
ИТОГО по подземной прокладке									
	Сети горячего водоснабжения								

Примечания:

- $Q_n^{ср.г} = 3,6 \cdot q_n^{ср.г} \cdot \beta_i \cdot L_i$, кДж/ч, при $q_n^{ср.г}$ в Вт/м.
- $Q_n^{ср.г} = q_n^{ср.г} \cdot \beta_i \cdot L_i$, ккал/ч, при $q_n^{ср.г}$ в ккал/м·ч.

Таблица Э.7 – Расчет часовых среднегодовых нормируемых тепловых потерь трубопроводами теплосети, находящимися на балансе по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному

Месяц	Тип прокладки	Часовые нормативные среднегодовые потери трубопроводами, находящимися на балансе по состоянию на 31 декабря года, предшествующего расчетному, Q _н ^{ср.г} , кДж/ч (ккал/ч)		Часовые среднегодовые нормативные теплотери трубопроводами, принимаемыми на баланс, Q _б ^{ср.г} , кДж/ч (ккал/ч)		Часовые среднегодовые нормативные теплотери трубопроводами, отключенными в ремонт, Q _{откл} ^{ср.г} , кДж/ч (ккал/ч)		Нормативные среднегодовые часовые потери, ΣQ _{норм} ^{ср.г} , кДж/ч (ккал/ч)	
		подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
Январь	Надземная	K = ...							
	...	K = ...							
	ИТОГО по надземной прокладке								

Таблица Э.9 – Исходные данные для расчета тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при их совместной прокладке в непроходных каналах

№ участка	Наружный диаметр трубопроводов, мм				Длина, м	Характеристика канала						Коэффициент теплопроводности грунта $\delta_{гр}$, Вт/°С·м	Среднегодовая температура окружающей среды, °С		Среднегодовая температура теплоносителя, °С			
	водяная т/с		сеть ГВ			ширина b, м		Высота а, м	толщина перекрытия, $\delta_{пер}$, м	толщина внутренней стенки $\delta_{ст}$, м	глубина заложения верха перекрытия Н, м		грунта, $\tau_{гр}^{ср.г}$	воздуха при $H<0,7$ м $t_n^{ср.г}$	водяная т/с		сеть ГВ	
	под.	обр.	под.	цирк.		1-я секция	2-я секция								под.	обр.	под.	цирк.

Таблица Э.10 – Расчет нормируемых термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в одноячейковом канале

№ участка	Эквивалентный диаметр канала dэ, м	Расчетное заглубление канала h, м	Термическое сопротивление канала Rкан, м·°C/Вт	Удельные нормативные теплотери трубопроводами, Вт/м				Коэффициент К, определенный при испытаниях				Нормативная температура воздуха в канале, τкан	Нормируемые термические сопротивления трубопроводов, м·°C/Вт			
				водяная т/с		сеть ГВ		водяная т/с		сеть ГВ			водяная т/с		сеть ГВ	
				q1н под.	q2н обр.	q3н под.	q4н цирк.	К1 под.	К2 обр.	К3 под.	К4 цирк.		R1н под.	R2н обр.	R3н под.	R4н цирк.

Таблица Э.11 – Расчет нормируемых тепловых потерь трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в одноячейковом канале

№ участка	Средние температуры теплоносителя за расчетный период, °С				Средняя температура грунта за расчетный период $t_{гр}^{норм}$, °С	Удельные нормируемые теплотери трубопроводами, Вт/м				Коэффициент местных тепловых потерь		Длина, м	Число часов работы теплосети за расчетный период Z, час	Нормируемые потери тепла за расчетный период, ГДж	
	водяная т/с		сеть ГВ			водяная т/с		сеть ГВ		водяная т/с $\beta_{в.т/с}$	сеть ГВ $\beta_{с.гв}$			суммарно для водяной тепловой сети, $\Sigma Q_{в.т/с}^{норм}$	суммарно для сетей горячего водоснабжения, $\Sigma Q_{с.гв}^{норм}$
	$t_1^{норм}$ под.	$t_2^{норм}$ обр.	$t_3^{норм}$ под.	$t_4^{норм}$ обр.		$q_1^{норм}$ под.	$q_2^{норм}$ обр.	$q_3^{норм}$ под.	$q_4^{норм}$ цирк.						

Таблица Э.12 – Расчет нормируемых термических сопротивлений основного теплоизоляционного слоя трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в двухячейковом канале

№ участка	Эквивалентный диаметр канала dэ, м	Расчетное заглубление канала h, м	Приведенное термическое сопротивление секции канала м·°C/Вт		Удельные нормативные теплопотери трубопроводами, Вт/м				Коэффициент К, определенный при испытаниях				Нормативная температура воздуха в секции канала, °C		Нормируемые термические сопротивления трубопроводов, м·°C/Вт			
			R _{кан} ^{в.т/с}	R _{кан} ^{с.гв}	водяная т/с		сеть ГВ		водяная т/с		сеть ГВ		τ _{кан} ^{в.т/с}	τ _{кан} ^{с.гв}	водяная т/с		сеть ГВ	
					q _{1н} под.	q _{2н} обр.	q _{3н} под.	q _{4н} цирк.	К1 под.	К2 обр.	К3 под.	К4 цирк.			R _{1н} под.	R _{2н} обр.	R _{3н} под.	R _{4н} цирк.

Таблица Э.13 – Расчет нормируемых тепловых потерь трубопроводов водяных тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения при прокладке в двухячейковом канале

№ участка	Средние температуры теплоносителя за расчетный период, °С				Средняя температура грунта за расчетный период $\tau_{гр}^{норм}$, °С	Нормируемая температура грунта в секциях канала, °С		Удельные нормируемые тепловые потери каждой секцией, Вт/м		Коэффициент местных тепловых потерь		Длина, м	Число часов работы теплосети за расчетный период Z, час	Нормируемые потери тепла за расчетный период, ГДж	
	водяная т/с		сеть ГВ			водяной теплосети $\tau_{кан}^{в.т/с}$	горячего водоснабжения $\tau_{кан}^{гв}$	секция водяной т/с $q_{в.т/с}$	секция ГВ $q_{с.гв}$	водяная т/с $\beta_{в.т/с}$	сеть ГВ $\beta_{с.гв}$			суммарно для водяной тепловой сети $\Sigma Q_{в.т/с}^{норм}$	суммарно для сетей горячего водоснабжения $\Sigma Q_{с.гв}^{норм}$
	$t_1^{норм}$ под.	$t_2^{норм}$ обр.	$t_3^{норм}$ под.	$t_4^{норм}$ обр.											

Таблица Э.14 – Расчет средневзвешенного за год объема трубопроводов, принимаемых на баланс (V_б)

Наружный диаметр трубопровода, толщина стенки, d x δ, мм		Площадь поперечного сечения «в свету», м²		Длина трубопровода, м		Плановый срок ввода в эксплуатацию		Предполагаемое время работы в году, час		Коэффициент m _i	Величина f · L · Z, м³	
под.	обр.	под. f _{1δi}	обр. f _{2δi}	под. L _{1δi}	обр. L _{2δi}	под. f _{1δi} · L _{1δi} · Z _{1δi}	обр. f _{2δi} · L _{2δi} · Z _{2δi}	под. Z _{1δi}	обр. Z _{2δi}		под. f _{1δi} · L _{1δi} · Z _{1δi}	обр. f _{2δi} · L _{2δi} · Z _{2δi}

$$V_6 = \frac{\sum_{i=1}^Z (f_{1\delta i} \cdot L_{1\delta i} \cdot m_{1\delta i} \cdot Z_{1\delta i} + f_{2\delta i} \cdot L_{2\delta i} \cdot m_{2\delta i} \cdot Z_{2\delta i})}{Z_6}, \text{ м}^3.$$

Таблица Э.15 – Расчет средневзвешенного объема систем теплопотребления, принимаемых на баланс, V_{потр^{вв}}, м³

Тип теплопотребляющей системы	Тепловая нагрузка, Q_{pi}^{BB} , МВт (Гкал/ч)	Срок ввода в эксплуатацию	Удельный объем воды в системе, v_i^{BB} , м³/МВт (м³·ч/Гкал)	Время работы системы в отопительном периоде, Z_i^{BB} , час	Величина $Q_{pi}^{BB} \cdot v_i^{BB} \cdot Z_i^{BB}$, м³/ч

$$V_{\text{потр}}^{BB} = \frac{\sum_{i=1}^z Q_{pi}^{BB} \cdot v_i^{BB} \cdot Z_i^{BB}}{Z^{OT}}, \text{ м}^3.$$

Таблица Э.16 – Расчет средневзвешенного объема воды в трубопроводах, отключаемых на ремонт ($V_{откл}$)

Наружный диаметр трубопровода, толщина стенки, d x δ, мм		Площадь поперечного сечения «в свету», м²		Длина трубопровода, м		Срок вывода в ремонт по графику ремонта	Время отключения, $Z_{(откл)i}$, час	Величина $(f_{1(откл)i} \cdot m_{1(откл)i} \cdot L_{1(откл)i} + f_{2(откл)i} \cdot m_{2(откл)i} \cdot L_{2(откл)i}) \cdot Z_{(откл)i}$, м³/час
под.	обр.	под. $f_{1(откл)i}$	обр. $f_{2(откл)i}$	под. $L_{1(откл)i}$	обр. $L_{2(откл)i}$			

$$V_{откл} = \frac{\sum_{i=1}^e (f_{1(откл)i} \cdot m_{1(откл)i} \cdot L_{1(откл)i} + f_{2(откл)i} \cdot m_{2(откл)i} \cdot L_{2(откл)i}) \cdot Z_{(откл)i}}{Z^Л}, \text{ м}^3.$$

Таблица Э.17 – Расчет средневзвешенного объема воды в системах теплопотребления, отключаемых на ремонт, $V_{\text{потр}}^{откл}$, м³

Тип теплопотребляющей системы	Тепловая нагрузка, Q_{pi}^{BB} , МВт (Гкал/ч)	Срок ввода в эксплуатацию	Удельный объем воды в системе, v_i^{BB} , м³/МВт (м³·ч/Гкал)	Время работы системы в году, Z_i^{BB} , час	Величина $Q_{pi}^{BB} \cdot v_i^{BB} \cdot Z_i^{BB}$, м³/ч

Таблица Э.18 – Расчет объема воды в системе теплоснабжения по месяцам

Месяц	Расчетный объем воды в трубопроводах, находящихся в эксплуатации по состоянию на 31 декабря года,	Объем воды у потребителей, находящихся в эксплуатации по состоянию на 31 декабря	Расчетный объем воды в трубопроводах, принимаемых на баланс, $V_{рб}$, м³	Объем воды во введенных в эксплуатацию системах теплопотребления, $V_{\text{потр}}^{BB}$, м³	Объем воды в отключаемых на ремонт трубопроводах, $V_{р.тр}^{откл}$, м³	Объем воды в системах теплопотребления, отключаемых на ремонт, $V_{\text{потр}}^{откл}$, м³	Суммарный объем воды в системе теплоснабжения, м³:	
							объем воды в трубопроводах тепловых сетей $\Sigma V_{р.тр}$, м³	объем воды в системах теплопотребления $\Sigma V_{\text{потр}}$, м³

	предшествующего расчетному, $V_{p.тр}$, м ³	года, предшествующего расчетному, $V_{потр}$, м ³						
Водяные системы теплоснабжения								
Сети горячего водоснабжения								

Таблица Э.19 – Расчет нормируемых прогнозируемых тепловых потерь с нормативной утечкой теплоносителя

Месяц	Число часов работы теплосети	Объем воды в системе теплоснабжения, м³		Норма часовой утечки, %	Расход теплоносителя с утечкой, G _{ут} , м³/ч		Температура теплоносителя, °C		Температура исходной воды, °C	Плотность теплоносителя, кг/м³		Тепловые потери с утечкой, ГДж/мес. (Гкал/мес.)		
		ΣV _{р.тр}	ΣV _{потр}		для ΣV _{р.тр}	для ΣV _{потр}	t ₁ ^{ср.м}	t ₂ ^{ср.м}		Для ΣV _{р.тр} 0,75t ₁ ^{ср.м} + 0,5t ₂ ^{ср.м}	Для ΣV _{потр} 0,5(t ₁ ^{ср.м} + t ₂ ^{ср.м})	C ΣV _{р.тр}	C ΣV _{потр}	Сумма
Водяная система теплоснабжения														
Январь														
Сети горячего водоснабжения														
ИТОГО за год														

Таблица Э.20 – Суммарные нормируемые прогнозируемые тепловые потери через теплоизоляционные конструкции и с нормативной утечкой теплоносителя

Месяц	Теплопотери через изоляцию трубопроводов, ГДж (Гкал)				Теплопотери с утечкой теплоносителя, ГДж (Гкал)		Теплопотери системой теплоснабжения, ГДж (Гкал)
	водяная т/с	сети ГВ	совместная прокладка		водяная т/с	сети ГВ	
			водяная т/с	сети ГВ			
Январь							
Февраль							
.....							
ИТОГО							

Анализ фактических тепловых потерь в водяных тепловых сетях

В данном разделе приводятся положения по анализу фактических тепловых потерь, определенных из баланса отпущенной и потребленной тепловой энергии.

Анализ фактических тепловых потерь заключается в выявлении причин превышения допустимых небалансов в системе теплоснабжения в целом и ее частях, а также определении количественного влияния на фактические тепловые потери и их структурные составляющие параметров, характеризующих режимы теплоснабжения.

Ю.1. Фактические тепловые потери в тепловых сетях определяются из баланса отпущенной и потребленной тепловой энергии в системе теплоснабжения.

Баланс отпущенной и потребленной тепловой энергии в системе теплоснабжения рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{отп}} = Q_{\text{учет}} + Q_{\text{неучет}} \pm Q_{\text{небал}}, \quad (\text{Ю.1})$$

где $Q_{\text{отп}}$ – отпущенная тепловая энергия от источника теплоснабжения, определенная по показаниям теплосчетчиков источника тепловой энергии;

$Q_{\text{учет}}$ – потребленная тепловая энергия по показаниям теплосчетчиков потребителей;

$Q_{\text{неучет}}$ – расчетное теплопотребление потребителями тепловой энергии и тепловые потери в тепловых и горячеводных сетях, не учтенные теплосчетчиками;

$Q_{\text{небал}}$ – величина небаланса.

Ю.2. Определение составляющих теплопотребления, не учтенных приборами учета тепловой энергии

Ю.2.1. Составляющие теплопотребления, не учтенные приборами учета тепловой энергии,

$$Q_{\text{неучет}} = (Q_{\text{неучет}}^{\text{ут.тс}} + Q_{\text{неучет}}^{\text{пр.ут.тс}} + Q_{\text{неучет}}^{\text{ут.гв}} + Q_{\text{неучет}}^{\text{пр.ут.гв}} + Q_{\text{неуч}}^{\text{ут.от.в}}) + (Q_{\text{неучет}}^{\text{от, вент}} + Q_{\text{неучет}}^{\text{гв}}) + (Q_{\text{неуч.тп.из}}^{\text{тс}} + Q_{\text{неуч.тп.из}}^{\text{гв}}) - Q_{\text{нс}}, \quad (\text{Ю.2})$$

где $Q_{\text{неучет}}^{\text{ут.тс}}$, $Q_{\text{неучет}}^{\text{ут.гв}}$ – расчетные тепловые потери с утечкой в тепловых и горячеводных сетях, не учтенные теплосчетчиками;

$Q_{\text{неучет}}^{\text{пр.ут.тс}}$, $Q_{\text{неучет}}^{\text{пр.ут.гв}}$ – расчетные тепловые потери с производительной утечкой в тепловых и горячеводных сетях, не учтенные теплосчетчиками;

$Q_{\text{неуч}}^{\text{ут.от.в}}$ – расчетные тепловые потери с утечкой теплоносителя на потребителях с одноканальными расходомерами, не учитывающие утечки из местных систем теплопотребления;

$Q_{\text{неучет}}^{\text{от, вент}}$, $Q_{\text{неучет}}^{\text{гв}}$ – расчетное количество тепловой энергии, полученной системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, не учтенными теплосчетчиками;

$Q_{\text{неуч.тп.из}}^{\text{тс}}$, $Q_{\text{неуч.тп.из}}^{\text{гв}}$ – расчетные тепловые потери через теплоизоляционные конструкции трубопроводами тепловых и горячеводных сетей, не учтенные теплосчетчиками;

$Q_{\text{нс}}$ – тепловая энергия, внесенная перекачивающими и смесительными насосными станциями, не учтенная теплосчетчиками потребителей тепла;

Ю.2.2. Расход тепловой энергии на отопление за расчетный период в зависимости от способа регулирования определяется в соответствии с СНБ 4.02.01-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

При преобладании в системе теплоснабжения потребителей с приборами учета тепловой энергии (50 % и выше по тепловой нагрузке) значение $Q_{\text{неуч}}^{\text{от}}$ можно определять по формуле

$$Q_{\text{неуч}}^{\text{от, вент}} = Q_{\text{неуч}}^{\text{пр.от}} \frac{Q_{\text{уч}}^{\text{от}}}{Q_{\text{уч}}^{\text{пр.от}}}, \quad (\text{Ю.3})$$

где $Q_{\text{уч}}^{\text{пр.от}}$, $Q_{\text{неуч}}^{\text{пр.от}}$ – проектные тепловые нагрузки потребителей тепла, оснащенные и не оснащенные приборами учета.

Ю.2.3. Нагрузка горячего водоснабжения определяется как среднесуточная в соответствии со СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий» по фактическому количеству потребителей. Также необходимо учитывать потери тепла во внутридомовых системах трубопроводами горячего водоснабжения и циркуляционными трубопроводами, а также с утечкой, определяемой в соответствии с 7.4.

При отсутствии проектных данных величину теплопотерь трубопроводами горячего водоснабжения и циркуляционными трубопроводами внутридомовых систем можно принимать в соответствии со Справочником проектировщика (Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 2. Водопровод и канализация. – М.: Стройиздат, 1990) по формуле

$$Q_{\text{тп}} = q_{\text{ср}}^{\text{гв}} K^{\text{т}}, \quad (\text{Ю.4})$$

где $Q_{\text{тп}}$ – тепловые потери трубопроводами горячего водоснабжения внутридомовых систем;

$q_{\text{ср}}^{\text{гв}}$ – проектная среднесуточная нагрузка горячего водоснабжения, определенная в соответствии со СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий»;

$K^{\text{т}}$ – коэффициент тепловых потерь трубопроводами.

Значения $K^{\text{т}}$ приведены в таблице Ю.1.

Таблица Ю.1 – Значения коэффициента тепловых потерь трубопроводами

Тип системы горячего водоснабжения	Значение $K^{\text{т}}$
Без полотенцесушителей и с изолированными стояками	0,1
С полотенцесушителями и изолированными стояками	0,2
С полотенцесушителями и неизолированными стояками	0,3

При преобладании в системе теплоснабжения потребителей с приборами учета тепловой энергии (50 % и выше по тепловой нагрузке) значение $Q_{\text{неуч}}^{\text{гв}}$ можно определять по формуле

$$Q_{\text{неуч}}^{\text{гв}} = Q_{\text{уч}}^{\text{гв}} \frac{p_{\text{неуч}}}{p_{\text{учет}}}, \quad (\text{Ю.5})$$

где $p_{\text{учет}}$, $p_{\text{неуч}}$ – фактическое количество потребителей нагрузки горячего водоснабжения в соответствии со СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация зданий», оснащенных и не оснащенных приборами учета.

Ю.2.4. Расчетные тепловые потери с утечкой теплоносителя на потребителях с одноканальными расходомерами, не учитывающие утечки из местных систем теплоснабжения, определяются по формуле

$$Q_{\text{неуч}}^{\text{ут.от.в}} = Q_{\text{ут}} + Q_{\text{пр.ут}}, \quad (\text{Ю.6})$$

где $Q_{\text{ут}}$ – тепловые потери с утечкой;

$Q_{\text{пр.ут}}$ – тепловые потери с потерями сетевой воды с производительной утечкой, определяемые по актам.

Тепловые потери с утечкой $Q_{\text{ут}}$ определяются в зависимости от места установки датчика расходомера:

– при установке на подающем трубопроводе

$$Q_{\text{ут}} = (t_2 - \tau_{\text{х.и}}) G_{\text{ут}} \rho C 10^{-6}, \quad (\text{Ю.7})$$

где $t_{х.и}$ – температура холодного источника;
– при установке на обратном трубопроводе

$$Q_{ут} = (t_l - t_{х.и}) G_{ут} \rho C 10^{-6}. \quad (\text{Ю.8})$$

Ю.2.5. Расчет нормативных тепловых потерь с утечкой теплоносителя и через теплоизоляционные конструкции в тепловых и сетях горячего водоснабжения рассмотрен в настоящей Методике.

Ю.2.6. Тепловая энергия, вносимая перекачивающими и смесительными насосными станциями, определяется по формуле

$$\Sigma Q_{нас} = \Sigma N_{нас} \eta_i 10^3, \text{ Вт}, \quad (\text{Ю.9})$$

$$Q_{нас} = 860 N_{нас} \eta 10^3, \text{ ккал/ч}, \quad (\text{Ю.10})$$

где $N_{нас}$ – потребленная электрическая энергия за расчетный период по показаниям счетчиков электрической энергии;

η_i – коэффициент, учитывающий потери тепла в окружающую среду насосом и его двигателем. С достаточной степенью точности может быть принят $\eta = 0,95$;

860 – коэффициент перевода Вт в ккал/ч.

Ю.3. Погрешности Методики при расчете нормируемых тепловых потерь

Ю.3.1. Погрешности при определении нормируемых тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции водяных тепловых сетей

Ю.3.1.1. Погрешности, связанные с изменением параметров работы системы теплоснабжения, отражаемые в официальной отчетности

Погрешность расчета при неучете изменения коэффициента теплопроводности основного теплоизоляционного слоя на всем диапазоне возможных изменений температуры теплоносителя и окружающей трубопроводы среды для подземной и надземной прокладки не превышает $\pm 6 \%$.

Ю.3.1.2. Погрешности, связанные с изменением параметров работы системы теплоснабжения, не отражаемые в официальной отчетности

Погрешность расчета при неучете изменения скорости ветра (в пределах от 0 до 15 м/с) для прокладки на открытом воздухе не превышает $\pm 3 \%$.

Погрешность расчета при неучете изменения влажности грунта (изменение коэффициента теплопроводности грунта в два раза, увлажнение от относительно сухого грунта до влажного) не превышает 30 % в сторону увеличения тепловых потерь.

Ю.3.2. Погрешности при определении нормируемых тепловых потерь утечкой теплоносителя

Тепловые потери с утечкой теплоносителя имеют ярко выраженный случайный характер. Величина тепловых потерь зависит от места утечки, с какого трубопровода, подающего или обратного, она происходит.

Погрешность расчета тепловых потерь с утечкой на всем диапазоне возможного изменения температур теплоносителя и исходной воды не превышает $\pm 16 \%$.

Ю.4. Оценка величины нормативного небаланса в системе теплоснабжения

Для каждой системы теплоснабжения существуют допустимые небалансы, определяемые инструментальной погрешностью системы учета.

Допустимая величина небаланса отпущенной и потребленной тепловой энергии определяется относительной погрешностью измерительных систем, применяемых в системе теплоснабжения, количеством потребителей и их долей в потреблении тепловой энергии.

Для примера в таблице 5 приведена расчетная нормативная величина небаланса в процентах от отпуска тепла в системе теплоснабжения при различном проценте тепловых потерь от отпуска тепла, различном количестве потребителей и их стопроцентной оснащенности приборами учета тепловой энергии.

Величина небаланса определялась по формуле

$$\frac{Q_{\text{неб}}}{Q_{\text{отп}}} = \frac{(Q_{\text{отп}} + Q_{\text{не}}) - (Q_{\text{учет}} + Q_{\text{тп}}^{\text{норм}})}{Q_{\text{отп}}}. \quad (\text{Ю.11})$$

Величина теплотерь $Q_{\text{тп}}^{\text{норм}}$ принята как действительная величина, без учета погрешностей расчета.

Таблица Ю.2 – Расчетная предельная величина небаланса в процентах от отпуска тепла в системе теплоснабжения

Процент тепловых потерь от отпуска тепла	Количество потребителей тепловой энергии			
	1	10	100	1000
	Предельная относительная погрешность измерения тепловой энергии всеми потребителями, %			
	2	1,265	0,4	0,126
	Расчетная предельная величина небаланса от отпуска тепла, ±%			
20	3,53	2,95	2,27	2,059
15	3,63	3,01	2,29	2,066
10	3,73	3,08	3,31	2,072
5	3,82	3,14	3,33	2,078

Примечания:

1. Предел относительной погрешности измерений количества тепловой энергии на теплоисточнике принят 2 %, для потребителей – 4 %.

2. В системе с одним потребителем предел относительной погрешности для него принят таким же как на источнике.

3. Доля потребления тепловой нагрузки принята равной для всех потребителей.

Расчетная величина предельной относительной погрешности определения тепловых потерь из баланса отпущенной и потребленной тепловой энергии в системе теплоснабжения при условиях, приведенных в таблице Ю.2, приведена в таблице Ю.3.

Таблица Ю.3 – Расчетная величина предельной относительной погрешности определения тепловых потерь

Процент тепловых потерь от отпуска тепла	Количество потребителей тепловой энергии			
	1	10	100	1000
	Предельная относительная погрешность определения тепловых потерь, ±%			
20	18,0	15,1	11,6	10,5
15	24,7	20,1	15,6	15,1
10	38,0	31,4	23,6	21,4
5	78,0	64,0	47,6	42,4

Ю.5. Анализ фактических потерь сетевой воды с утечкой теплоносителя

Ю.5.1. Общие положения

Ю.5.1.1. Тепловые потери с утечкой сетевой воды в тепловой сети и системах теплоснабжения за прошедший период определяются в соответствии с разделом 7.

Ю.5.1.2. При определении значения $G_{ут}^{\Phi}$ должны быть учтены потери сетевой воды, измеренные по приборам учета с двухканальными расходомерами 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.).

Ю.5.1.3. Сравнение фактических значений тепловых потерь с утечкой с их нормируемыми значениями производится по отдельным составляющим потерь сетевой воды (утечке, технологическими потерями и др.) в сопоставимых условиях по внутреннему расчетному объему тепловых сетей и систем теплоснабжения, а также по температурам сетевой воды и холодного источника.

Ю.5.1.4. Ниже приводятся рекомендации по определению фактических эксплуатационных потерь сетевой воды, необходимые для анализа работы тепловых сетей и системы теплоснабжения в целом.

Ю.5.2. Анализ работы тепловых сетей и системы теплоснабжения по показателю потери сетевой воды

Ю.5.2.1. Потери сетевой воды за расчетный период ($m^3/\text{период}$):

$$G_{подп}^{\Phi} = G_{ут}^{\Phi} + G_{гв} + G_{пр.ут}^{\Phi}, \quad (\text{Ю.12})$$

где $G_{подп}^{\Phi}$ – фактический расход воды на подпитку системы теплоснабжения за расчетный период, определенный по приборам учета на источнике;

$G_{гв}$ – расход воды на нужды горячего водоснабжения при открытой системе теплоснабжения;

$G_{пр.ут}^{\Phi}$ – расход воды с производительной утечкой.

Ю.5.2.2. Фактические потери сетевой воды на производственные нужды складывается из следующих составляющих:

$$G_{пр.ут}^{\Phi} = G_{пр.ут}^{непр} + G_{пр.ут}^{опер}, \quad (\text{Ю.13})$$

где $G_{пр}^{непр}$ – нормативный расход сетевой воды через элементы оборудования;

$G_{пр.ут}^{опер}$ – нормативный расход сетевой воды на технологические операции или работы (заполнение сетей и систем, подготовка к испытаниям и т.п.), учитываемые по актам.

Ю.5.2.3. Фактические потери сетевой воды с утечкой складываются из следующих составляющих:

$$G_{ут}^{\Phi} = G_{ут}^{y.a} + G_{ут}^{y.н} + G_{ут}^{н.у}, \quad (\text{Ю.14})$$

где $G_{ут}^{y.a}$ – утечки, учитываемые количественно по актам, составляемым при выявлении потерь сетевой воды, не относящимся к производительным (не предусмотренный договорами разбор сетевой воды, повреждения тепловых сетей и систем теплоснабжения и их повторное заполнение и т.п.);

$G_{ут}^{y.н}$ – нормативная утечка сетевой воды;

$G_{ут}^{н.у}$ – потери сетевой воды с утечкой, не установленные по месту и количественно, а также вследствие неточности измерения количества отпущенной и потребленной сетевой воды.

Ю.5.2.4. Неустановленные утечки определяются из уравнений водного баланса системы теплоснабжения в зависимости от ее вида – закрытого или открытого:

а) закрытая система теплоснабжения

$$G_{ут}^{н.у} = G_{подп}^{\Phi} - (G_{пр}^{непр} + G_{пр}^{опер}) - (G_{ут}^{y.a} + G_{ут}^{y.н}) - G_{пр}^{потр}, \quad (\text{Ю.15})$$

где $G_{\text{пр}}^{\text{потр}}$ – количество сетевой воды, израсходованной потребителями с приборами учета, включающее все виды потерь сетевой воды в тепловых сетях на балансе потребителей и системах теплоснабжения.

Значение неустановленных потерь сетевой воды с утечкой $G_{\text{ут}}^{\text{н.у.}}$, определенное суммарно для всей системы теплоснабжения, распределяется по балансовой принадлежности элементов пропорционально соответствующим расчетным объемам тепловых сетей и систем теплоснабжения по формуле

$$G_{\text{ут}}^{\text{н.у.эл}} = G_{\text{ут}}^{\text{н.у.}} \cdot V_{\text{р.эл}} / V_{\text{р.сист}}, \quad (\text{Ю.16})$$

где $V_{\text{р.эл}}$ – расчетный объем воды в трубопроводах тепловых сетей и системах теплоснабжения в соответствии с их балансовой принадлежностью, за исключением тепловых сетей и систем теплоснабжения с приборами учета количества израсходованной сетевой воды, м^3 ;

$V_{\text{р.сист}}$ – расчетный суммарный объем воды в трубопроводах тепловых сетей и системах теплоснабжения в соответствии с их балансовой принадлежностью, за исключением тепловых сетей и систем теплоснабжения с приборами учета с двухканальными расходомерами, м^3 ;

б) открытая система теплоснабжения

$$G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.у}} + G_{\text{ут}}^{\text{н}} = G_{\text{подп}}^{\Phi} - (G_{\text{т}}^{\text{у.а}} + G_{\text{т}}^{\text{у.р}}) - G_{\text{ут}}^{\text{у.а}} - G_{\text{пр}}, \quad (\text{Ю.17})$$

где $G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}}$ – количество сетевой воды, израсходованной на горячее водоснабжение потребителей без приборов учета количества сетевой воды;

$G_{\text{ут}}^{\text{н}}$ – потери сетевой воды с нормативной утечкой из всех элементов системы теплоснабжения, кроме тепловых сетей и систем теплоснабжения абонентов после приборов учета количества израсходованной воды;

$G_{\text{пр}}$ – количество сетевой воды, израсходованной в тепловых сетях и системах теплоснабжения абонентов с приборами учета количества сетевой воды.

Определение количества сетевой воды, израсходованной на горячее водоснабжение $G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}}$, и неустановленного количества потерь сетевой воды $G_{\text{ут}}^{\text{н.у}}$ осуществляется из предполагаемого соблюдения соотношения m :

$$m = (G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр.д}} + G_{\text{ут}}^{\text{н}}) / G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр.д}} = (G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.у}} + G_{\text{ут}}^{\text{н}}) / (G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н}}), \quad (\text{Ю.18})$$

где $G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр.д}}$ – количество сетевой воды на горячее водоснабжение по договорам с энергоснабжающей организацией потребителей без приборов учета количества израсходованной воды, т/период .

Количество сетевой воды $G_{\text{ут}}^{\text{н.у}}$ определяется по формуле

$$G_{\text{ут}}^{\text{н.у}} = (m - 1) (G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.у}} + G_{\text{ут}}^{\text{н}}) / m. \quad (\text{Ю.19})$$

Суммарное значение $(G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.у}} + G_{\text{ут}}^{\text{н}})$ определяется из формулы (Ю.17).

Распределение количества сетевой воды с неустановленными потерями сетевой воды, определенными суммарно для системы теплоснабжения (за исключением тепловых сетей и систем теплоснабжения после приборов учета с двухканальными расходомерами), между отдельными ее элементами по их балансовой принадлежности осуществляется по формуле (Ю.16).

При преобладании в системе теплоснабжения потребителей с приборами учета количества израсходованной сетевой воды (50 % и выше по тепловой нагрузке) значения $G_{\text{ут}}^{\text{н.у}}$ и $G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр.д}}$ для потребителей без приборов учета количества израсходованной сетевой воды могут быть скорректированы с учетом отношения

$$K = \frac{(G_{\text{пр}} - G_{\text{т}}^{\text{у.а.пр}} - G_{\text{ут}}^{\text{у.а.пр}})}{(G_{\text{гвс}}^{\text{пр.д}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.пр}})} = \frac{(G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.у.б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.б.пр}})}{(G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр.д}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.б.пр}})}, \quad (\text{Ю.20})$$

где $G_{\text{т}}^{\text{у.а.пр}}$, $G_{\text{ут}}^{\text{у.а.пр}}$ – соответственно установленные по актам потери сетевой воды на технологические нужды и утечки с тепловых сетей и системах теплоснабжения абонентов с приборами учета количества сетевой воды;

$G_{\text{гвс}}^{\text{пр.д}}$ – количество сетевой воды на горячее водоснабжение по договорам потребителей с приборами учета количества сетевой воды;

$G_{\text{ут}}^{\text{н.пр}}$ – нормативные потери сетевой воды в тепловых сетях и системах теплоснабжения потребителей с приборами учета количества сетевой воды;

$G_{\text{ут}}^{\text{н.у.б.пр}}$ – неустановленные потери сетевой воды с утечкой в системах теплоснабжения абонентов без приборов учета количества сетевой воды;

$G_{\text{ут}}^{\text{н.б.пр}}$ – нормативная утечка сетевой воды в системах теплоснабжения абонентов без приборов учета количества сетевой воды.

Суммарное количество сетевой воды, израсходованное потребителями без приборов учета количества сетевой воды, определяется по формуле

$$(G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.у.б.пр}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.б.пр}}) = K (G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр.д}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.б.пр}}). \quad (\text{Ю.21})$$

Суммарное значение $\Sigma G_{\text{ут}}^{\text{н.у.эл}}$ определяется из формулы (Ю.20), представленной в виде

$$K (G_{\text{гвс}}^{\text{б.пр.д}} + G_{\text{ут}}^{\text{н.б.пр}}) + \Sigma G_{\text{ут}}^{\text{н.у.эл}} + \Sigma G_{\text{ут}}^{\text{н.эл}} = G_{\text{подп}}^{\text{ф}} - (G_{\text{пр}}^{\text{непр}} + G_{\text{пр}}^{\text{опер}}) - G_{\text{ут}}^{\text{у.а}} - G_{\text{пр}}, \quad (\text{Ю.22})$$

где $\Sigma G_{\text{ут}}^{\text{н.у.эл}}$, $\Sigma G_{\text{ут}}^{\text{н.эл}}$ – соответственно суммарные неустановленные потери сетевой воды и нормативная утечка в тепловых сетях, за исключением сетей после приборов учета количества сетевой воды, т.

Определенное из формулы (Ю.22) $\Sigma G_{\text{ут}}^{\text{н.у.эл}}$ распределяется между тепловыми сетями энергоснабжающей организации, тепловыми сетями потребителей с приборами учета количества сетевой воды не на границе балансовой принадлежности и тепловыми сетями потребителей без приборов учета количества сетевой воды пропорционально расчетному внутреннему объему каждого из элементов $V_{\text{р.эл}}$ по формуле

$$G_{\text{ут}}^{\text{н.у.эл}} = \Sigma G_{\text{ут}}^{\text{н.у.эл}} V_{\text{р.эл}} / \Sigma V_{\text{р.эл}}. \quad (\text{Ю.23})$$

Ю.5.2.5. В общем виде для системы теплоснабжения сопоставление фактических эксплуатационных потерь сетевой воды с нормативными значениями сводится к определению значения небаланса $\Delta G_{\text{подп}}$

$$\Delta G_{\text{подп}} = G_{\text{подп}}^{\text{ф}} - G_{\text{подп}}^{\text{н}} = (G_{\text{пр}}^{\text{ф}} - G_{\text{пр}}^{\text{н}}) + (G_{\text{ут}}^{\text{ф}} - G_{\text{ут}}^{\text{н}}). \quad (\text{Ю.24})$$

При сопоставлении фактических и расчетных потерь сетевой воды и последующем их анализе должны быть учтены следующие положения:

- нормативные потери сетевой воды по всем видам потерь и элементам системы теплоснабжения должны быть приведены в соответствие с объемами тепловых сетей и систем теплоснабжения, фактически находящихся в работе или заполненном состоянии в рассматриваемом периоде, а также должна быть учтена их балансовая принадлежность;

- технологические потери сетевой воды на проведение плановых работ и операций, учитываемых по актам $G_{\text{пр.ут}}^{\text{опер}}$, должны сопоставляться с соответствующими расчетными значениями потерь сетевой воды;

- технологические потери сетевой воды, учитываемые как известные по эксплуатационным нормам $G_{\text{пр.ут}}^{\text{непр}}$, могут отличаться от принятых из-за несоответствия количества оборудования, фактически находящегося в работе, принятому при определении расчетных потерь сетевой воды.

Ю.5.2.6. Конечным результатом сопоставления фактических и расчетных потерь сетевой воды должно быть уточнение на основе накопления фактического материала количественных значений отдельных составляющих потерь сетевой воды по их видам, элементам системы теплоснабжения, балансовой принадлежности и последующий учет их

в составляющих себестоимости, цены (тарифа) на отпущенную и потребленную тепловую энергию, а также определение направлений сокращения потерь сетевой воды.

Приложение Я
(справочное)

Определение тепловых потерь трубопровода при помощи тепловизионной съемки

Я.1. Общие положения

Методика базируется на определении относительных значений тепловых потерь по данным дистанционной инфракрасной съемки.

Преимущества методики в том, что она позволяет определить тепловые потери по всей подземной сети централизованного теплоснабжения непосредственно в эксплуатационном режиме (без отключения абонентов).

Дистанционная инфракрасная съемка позволяет проводить измерения радиационной температуры поверхности объекта (грунта) по всей зоне размещения теплопровода. Инфракрасная съемка осуществляется радиометрами, тепловизорами и сканерами, измеряющими и регистрирующими радиационную температуру в среднем (3–5 мкм) и дальнем (8–12 мкм) диапазоне теплового излучения. Транспортные потери тепла в подземной тепловой сети могут быть определены в произвольное время отопительного периода при установившемся режиме теплоснабжения и при допустимых погодных условиях проведения съемки.

Исследуемый участок теплопровода может быть как канальной, так и бесканальной прокладки. Желательно, чтобы конструкция теплопровода на опорном участке для измерения фактических тепловых потерь была характерной (типичной) для тепловой сети в целом или для определенной группы теплопроводов.

Линейная плотность теплового потока не должна резко изменяться на протяжении опорного участка (5 м в обе стороны от точки установки тепловых датчиков). Это условие проверяют дистанционными измерениями температурных контрастов (разности температуры над теплопроводом и на удалении от него) на поверхности грунта, покрывающего теплопровод, с помощью инфракрасного радиометра, сканера или тепловизора. Температурные контрасты над осью теплопровода, измеренные практически одновременно, не должны изменяться по участку более чем на 10 %.

Опорные участки для измерения фактических тепловых потерь создают для каждого семейства (группы) теплопроводов, для которых нормируемая линейная плотность теплового потока $QL(n)$ различается более чем в 1,5 раза. Величина $QL(n)$ определена в нормативных технических документах в зависимости от диаметра труб теплопровода и среднегодовой температуры теплоносителя и грунта.

Относительные значения тепловых потерь определяют по температурным контрастам на поверхности грунта, покрывающего подземные теплопроводы, измеренным дистанционной инфракрасной съемкой. Температурный контраст на поверхности грунта, покрывающего подземный теплопровод, – разница значения температуры (термодинамической или радиационной) над теплопроводом и фоновой температуры такой же поверхности на удалении от теплопровода. Значения температурных контрастов должны быть измерены практически одновременно (в пределах 1–3 ч) или приведены к одному времени по данным повторных измерений в некоторых местах.

Особое значение фактические данные о величине линейной плотности теплового потока (измеренной на опорных участках) имеют в сочетании с дистанционным инфракрасным методом обследования тепловых сетей. На основе привязки относительных величин линейной плотности теплового потока на сети теплоснабжения, определенных по материалам дистанционной тепловой съемки, к фактическим значениям, измеренным на опорных участках, можно получить количественное распределение значений тепловых потерь по всей обследуемой сети, т.е., по существу, нанести шкалу на результаты дистанционных инфракрасных измерений.

Большое значение имеют инфракрасные измерения для диагностики технического состояния подземных теплопроводов и повсеместного определения на тепловой сети относительной величины тепловых потерь.

Фактическую величину транспортных потерь тепла на специально оборудованных опорных участках подземной тепловой сети определяют путем измерения плотности теплового потока с поверхности труб теплопровода с помощью датчиков теплового потока. Опорный участок теплопровода должен быть однороден по конструкции и не иметь углов поворота, арматурных элементов и теплофикационных камер ближе 5 м до места установки датчиков.

Оценка состояния тепловой изоляции теплопроводов производится на основании расчета коэффициента K , равного отношению фактических среднегодовых к нормативным значениям потерь тепловой энергии через изоляцию теплопровода. Для расчета нормативных значений потерь тепловой энергии через изоляцию теплопроводов используются требования СНиП 2.04.14-88 и других нормативных документов.

В ходе проведения измерений определяются следующие параметры.

Для теплопроводов воздушной прокладки:

– плотность теплового потока на наружной поверхности изоляции трубопровода q_s (Вт/м^2);

– температура наружной $t_{\text{из.н}}$ и внутренней $t_{\text{из.вн}}$ поверхности изоляции, $^{\circ}\text{C}$;

– температура теплоносителя t_t , $^{\circ}\text{C}$;

– температура окружающего воздуха $t_{\text{в}}$, $^{\circ}\text{C}$.

Для теплопроводов подземной бесканальной прокладки и прокладки в непроходных каналах:

– температура поверхности грунта $\tau_{\text{гр}}^{\text{п}}$, $^{\circ}\text{C}$;

– температура грунта $\tau_{\text{гр}}^{\text{г}}$, $^{\circ}\text{C}$, на регламентируемой глубине h ;

– температура окружающего воздуха $t_{\text{в}}$, $^{\circ}\text{C}$.

Влияние теплоотдачи от наружной поверхности изоляции теплопровода учитывается при вычислении фактических среднегодовых потерь путем введения нормативного значения коэффициента теплоотдачи. Измерения плотности теплового потока осуществляются с помощью портативных измерителей плотности теплового потока ИПП-3 и ИПП-2М в зависимости от диапазона измеряемой величины. Измерения температуры осуществляются с помощью портативных измерителей температуры ИТ-5 и ИТ-6 также в зависимости от диапазона измеряемой величины. Допускается использование других средств измерений, не уступающих по метрологическим характеристикам, представленным выше.

Для теплопроводов воздушной прокладки линейная плотность теплового потока QL_1 вычисляется по формуле

$$QL_1 = \pi \times d_{\text{из}} \times q, \quad (\text{Я.1})$$

где $d_{\text{из}}$ – наружный диаметр теплопровода с изоляцией.

В процессе измерений регистрируют величину плотности теплового потока q_i (Вт/м^2) на каждом датчике теплового потока, значения температуры поверхности теплоизоляции труб $t_{\text{из}}^{\text{п}}$ в точках установки датчиков температуры (достаточно одной точки измерения на каждой трубе теплопровода) и температуру поверхности металла трубы t_t , которая близка к температуре теплоносителя. В дальнейшем по значениям плотности теплового потока по окружности изоляции каждой трубы теплопровода q_i вычисляют линейную плотность теплового потока QL (Вт/м). Величина QL есть тепловые потери через изоляцию трубы теплопровода с единицы длины трубы. Вместо набора датчиков теплового потока можно установить на трубы ленточные тепломеры. В этом случае непосредственно будет измерена величина линейной плотности теплового потока QL (Вт/м).

Я.2. Определение состояния тепловых сетей подземной прокладки по известной температуре поверхности грунта над теплотрассой

Я.2.1. Подготовка к измерениям

Подготовка к измерениям должна начинаться с изучения участка тепловой сети: типа прокладки, конструкции изоляции, ее состояния и т.п. При этом используются паспортные данные, исполнительные чертежи, отчетность теплосети, осмотр участка со вскрытием тепловых камер и т.п. Результаты могут быть представлены в форме таблиц Я.2, Я.3, Я.4.

Измерения поверхностных температур грунта производят при перепаде температур между наружным воздухом и водой в тепловой сети, превышающем минимально допустимый перепад, определяемый по формуле

$$\Delta t_{\min} = v R \frac{\alpha_v R_0}{1 - R_0}, \quad (\text{Я.2})$$

где v – температурная чувствительность тепловизора, °С;

R – проектное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт;

α_v – коэффициент теплоотдаче на поверхности грунта, м²·°С/Вт,

$$\alpha_v = \beta \sqrt{v \left(6 + \frac{6,2}{v^2}\right)}, \quad (\text{Я.3})$$

где v – скорость ветра, м/с;

β – коэффициент, принимаемый для грунта равным 1,2, для асфальта – 1,4;

R_0 – относительное сопротивление теплопередачи подлежащего выявлению дефектного участка, принимаемое равным отношению значения, требуемого нормативно-технической документацией, к проектному значению сопротивления теплопередаче, но не более 0,85.

Измерения поверхностных температур грунта производят при режиме теплопередачи, близком к стационарному.

Измерения производятся при отсутствии атмосферных осадков, тумана, задымленности. Обследуемая поверхность не должна находиться в зоне прямого или отраженного солнечного облучения. Учитывая изменения радиационного баланса Земли, измерение поверхностных температур грунта лучше всего производить за 2–3 часа до восхода Солнца.

Обследуемая поверхность грунта не должна иметь резких локальных изменений, следов травяного покрова, воды.

При проведении измерений приборы устанавливают так, чтобы поверхность грунта находилась в прямой видимости под углом зрения не менее 60°.

При проведении измерений поверхностных температур грунта над теплотрассой необходимо учитывать влияние на температурное поле прокладки соседних инженерных сетей, отапливаемых подвалов зданий, тепловых камер и др.

Я.2.2. Проведение измерений

Тепловизионные измерения поверхностных температур грунта над теплотрассой производятся в соответствии с инструкциями по эксплуатации этих приборов.

При проведении тепловизионных и пирометрических измерений поверхностных температур грунта производятся также измерения температур воды в тепловой сети и параметров окружающей среды.

Результаты измерений заносятся в журнал записи измерений по форме, приведенной в таблице Я.2.

Сопротивление теплопередаче базового участка тепловой сети определяется по данным натурных измерений или согласно нормативно-технической документации по проекту участка сети.

Я.2.3. Обработка результатов

Обработка результатов заключается в сравнении измеренной максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой с расчетной максимальной температурой поверхности грунта для данного участка.

Максимальная расчетная температура поверхности грунта над теплотрассой для данного участка сети определяется по данным натурных измерений или согласно нормативно-технической документации по проекту участка сети.

Расчет максимальной температуры поверхности грунта может производиться нормативным методом с использованием персональных компьютеров. Данные обработки результатов могут быть представлены по форме таблицы Я.3.

Я.3. Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой. Нормативный метод

Таблица Я.1 – Условные обозначения

Физическая величина	Обозначение в расчете	Единица измерения
Коэффициент теплоотдачи от поверхности грунта к воздуху	$\alpha_{\text{в}}$	Вт/(м ² ·К)
Коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности тепловой изоляции к воздуху в канале	$\alpha_{\text{н}}$	Вт/(м ² ·К)
Коэффициент теплоотдачи от воздуха к внутренней поверхности канала	$\alpha_{\text{к}}$	Вт/(м ² ·К)
Коэффициент теплопроводности тепловой изоляции, где t – средняя температура теплоизоляционного слоя, °С	$\lambda_{\text{из}} = \lambda_0 + b_t t$	Вт/(м·К)
Коэффициент теплопроводности тепловой изоляции при $t = 0$ °С	λ_0	Вт/(м·К)
Температурный коэффициент	b_t	Вт/(м·К ²)
Коэффициент теплопроводности грунта	$\lambda_{\text{гр}}$	Вт/(м·К)
Коэффициент теплопроводности стен канала	$\lambda_{\text{из}}$	Вт/(м·К)
Коэффициент теплопроводности покровного слоя теплоизоляционной конструкции	$\lambda_{\text{п}}$	Вт/(м·К)
Толщина теплоизоляционного слоя подающего теплопровода	$\delta_{1\text{из}}$	м
Толщина теплоизоляционного слоя обратного теплопровода	$\delta_{2\text{из}}$	м
Толщина покровного слоя теплоизоляционной конструкции	$\delta_{\text{п}}$	м
Толщина стен канала	—	м
Глубина заложения оси теплопровода	h	м
Ширина канала канального теплопровода	a	м
Высота канала	b	м
Расстояние между осями труб (бесканальная прокладка)	K_{12}	м
Наружный диаметр труб	$d_{\text{н}}$	м
Температура теплоносителя в подающем теплопроводе	t_1	°С
То же в обратном теплопроводе	t_2	°С
Температура наружного воздуха	$\tau_{\text{в}}$	°С
Температура грунта на глубине заложения трубопровода	$\tau_{\text{гр}}^{\text{г}}$	°С
Температура грунта на поверхности	$\tau_{\text{гр}}^{\text{п}}$	°С
Температура воздуха в канале	$t_{\text{к}}$	°С
Суммарные тепловые потери	q_{12}	Вт/м
Теплопотери подающего теплопровода	q_1	Вт/м
Теплопотери обратного теплопровода	q_2	Вт/м
Коэффициент формы	κ	—
Эквивалентный диаметр канала канального теплопровода	$d_{\text{э}}$	м
Зона действия теплопровода	—	м
Форма вывода результатов расчета	—	—

Точность расчетов	—	°С
Число отрезков зоны действия теплопровода	—	—
Локальные тепловые потери	—	Вт/м
Текущая координата X	—	—
Разность температур поверхности грунта и наружного воздуха	—	°С

Я.3.1. Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при канальной прокладке тепловой сети

Основные расчетные зависимости:

– термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода:

$$R_{1из} = \text{Ln} ((\delta_{1из} + 2\delta_{из}) / d_{1н}) / (2\pi\lambda_{из1}); \quad (\text{Я.4})$$

– термическое сопротивление защитного покрытия теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода

$$R_{1п} = \text{Ln} ((d_{1п}) / d_{1из}) / (2\pi\lambda_{п}) \quad (\text{Я.5})$$

– термическое сопротивление поверхности теплоизоляционной конструкции подающего теплопровода

$$R_{1пов} = 1 / (\pi d_{п} \alpha_{н}); \quad (\text{Я.6})$$

– суммарное термическое сопротивление теплопередаче подающего трубопровода

$$R_1 = R_{1из} + R_{1п} + R_{1пов}; \quad (\text{Я.7})$$

– термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода

$$R_{2из} = \text{Ln} ((d_{2из}) / d_{2н}) / (2\pi\lambda_{из2}); \quad (\text{Я.8})$$

– термическое сопротивление защитного покрытия теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода

$$R_{2п} = \text{Ln} ((d_{2п}) / d_{2из}) / (2\pi\lambda_{п}); \quad (\text{Я.9})$$

– термическое сопротивление поверхности теплоизоляционной конструкции обратного теплопровода

$$R_{2пов} = 1 / (\pi d_{2п} \alpha_{н}); \quad (\text{Я.10})$$

– суммарное термическое сопротивление теплопередаче обратного трубопровода

$$R_2 = R_{2из} + R_{2п} + R_{2пов}; \quad (\text{Я.11})$$

– эквивалентный диаметр канала

$$d_э = \frac{2(a+b)}{\pi}; \quad (\text{Я.12})$$

– термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха канала к его стенкам

$$R_{в.к} = \frac{1}{\quad}; \quad (\text{Я.13})$$

$$\alpha_{в.к} \cdot \pi \cdot d_3$$

– расчетное заглубление (от поверхности грунта до оси канала)

$$h = H + \delta_{пер} + \frac{a}{2}, \text{ м}, \quad (\text{Я.14})$$

где h – расчетное заглубление канала;

H – заглубление канала (от поверхности грунта до верха перекрытия), м;

$\delta_{пер}$ – толщина перекрытия канала, м;

– термическое сопротивление теплоотдаче грунта:

– при отношении $h / d_3 > 2$

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \pi \lambda_{гр}} \text{Ln} (4h / d_3); \quad (\text{Я.15})$$

– при $h / d_3 < 2$

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \pi \lambda_{гр}} \text{Ln} (2h + (4h^2 - d_3^2)^{0.5}) / d_3), \quad (\text{Я.16})$$

где $R_{гр}$ – термическое сопротивление теплоотдаче грунта.

В случае, когда расстояние от поверхности грунта до перекрытия канала $H \leq 0,7$ м, вместо расчетного заглубления h принимается так называемая «приведенная глубина заглубления»

$$h_{прив} = h + \frac{\lambda_{гр}}{\alpha_{в}}, \quad (\text{Я.17})$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности грунта к окружающему воздуху.

За расчетную температуру окружающей канал среды принимается та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке;

– общее термическое сопротивление канала и грунта $R_{кан}$

$$R_{кан} = R_{в.к} + R_{гр}. \quad (\text{Я.18})$$

Температура воздуха в канале

$$t_k = \frac{t_1 / R_1 + t_2 / R_2 + \tau_{гр}^h / R_{кан}}{1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_{кан}}. \quad (\text{Я.19})$$

Удельные тепловые потери подающего и обратного теплопроводов, Вт/м

$$q_1 = (t_1 - t_k) / R_1; \quad q_2 = (t_2 - t_k) / R_2; \quad (\text{Я.20})$$

– максимальная температура поверхности грунта над канальным теплопроводом определяется по формуле

$$\tau_{гр}^n = \tau_{в} + \frac{t_k - \tau_{в}}{1 + \alpha_{в} (1 / \alpha_{к} + h / \lambda_{гр})}, \quad (\text{Я.21})$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи на поверхности грунта, Вт/м²·С, определяется по формуле

$$\alpha_{в} = \beta \sqrt{v (6 + 6,2 / v^2)}. \quad (\text{Я.22})$$

Я.3.2. Методика расчета максимальной температуры поверхности грунта над теплотрассой при бесканальной прокладке тепловой сети

Основные расчетные зависимости:

- термическое сопротивление основного слоя теплоизоляционной конструкции подающего и обратного теплопровода определяется по формулам (9.28, 9.32);
- термическое сопротивление защитного покрытия теплоизоляционной конструкции подающего и обратного теплопровода определяется по формулам (9.29, 9.33);
- термическое сопротивление грунта определяется по формулам (9.36–9.42), подставляя вместо h $h_{\text{прив}} = h + \lambda_{\text{гр}} / \alpha_{\text{в}}$;
- условное дополнительное термическое сопротивление, учитывающее взаимное влияния теплопроводов,

$$R_{1,2} = \text{Ln} \sqrt{1 + 4 (2h_{\text{прив}} / K_{12})^2 / (2\pi\lambda_{\text{гр}})}. \quad (\text{Я.23})$$

Суммарное термическое сопротивление подающего и обратного теплопроводов

$$R_1 = R_{1\text{и}} + R_{1\text{п}} + R_{\text{гр}}; R_2 = R_{2\text{и}} + R_{2\text{п}} + R_{\text{гр}}. \quad (\text{Я.24})$$

Удельные тепловые потери подающего и обратного теплопроводов

$$q_1 = \frac{(t_1 - \tau_{\text{в}}) / R_2 - (t_2 - \tau_{\text{в}}) / R_{1,2}}{R_1 R_2 - R_{1,2}^2}, \quad (\text{Я.25})$$

$$Q_2 = \frac{(\tau_2 - \tau_{\text{в}}) / R_2 - (\tau_1 - \tau_{\text{в}}) / R_{1,2}}{R_1 R_2 - R_{1,2}^2}, \quad (\text{Я.26})$$

– максимальная температура над теплотрассой при бесканальной прокладке тепловой сети определяется по формуле

$$\begin{aligned} \tau_{\text{гр}}^{\text{п}} = \tau_{\text{в}} + \frac{q_1}{4\pi\lambda_{\text{гр}}} \text{Ln} \left(1 + \frac{4\lambda_{\text{гр}} (h_{\text{прив}} + \lambda_{\text{гр}}/\alpha_{\text{в}})}{\alpha_{\text{в}} (x^2 + h^2)} \right) + \frac{q_2}{4\pi\lambda_{\text{гр}}} \text{Ln} \left(1 + \right. \\ \left. + \frac{4\lambda_{\text{гр}} (h_{\text{прив}} + \lambda_{\text{гр}}/\alpha_{\text{в}})}{\alpha_{\text{в}} ((x - K_{12})^2 + h^2)} \right), \end{aligned} \quad (\text{Я.27})$$

где x – удаление данной точки от вертикальной оси подающего трубопровода, м.

Таблица Я.2 – Характеристика участка тепловой сети

№ п/п	Место расположения участка	Дата, время	Наружный диаметр труб, м	Характеристика прокладки канала			Характеристика теплоизоляционной конструкции						Глубина заложения оси труб, м	Характеристика грунта	
				ширина, м	высота, м	расстояние между осями труб, м	основной слой			покровный слой				состав	коэффициент теплопровод- ности, Вт/м²·°C
							материал	толщина	коэффициент теплопроводности, Вт/м²·°C	материал	толщина	коэффициент теплопроводности, Вт/м²·°C			

Таблица Я.3 – Журнал записи измерений

Номер участка	Место расположения участка	Дата, время	Температура воды в подающей линии тепловой сети, °C	Температура воды в обратной линии тепловой сети, °C	Температура наружного воздуха	Скорость ветра, м/с	Максимальная температура поверхности грунта над теплотрассой, °C	Примечание

Таблица Я.4 – Результаты контроля

Номер участка	Место расположения участка	Максимальная температура поверхности грунта над теплотрассой, °C	Расчетные максимальные температуры поверхности грунта над теплотрассой, °C				Заключение о состоянии обследуемого участка
			нормальный режим эксплуатации	отсутствие (разрушение)	затопление прокладки сетевой водой из подающего теплопровода	затопление прокладки сетевой водой из подающего теплопровода и увлажнение грунта	