Приложение 3

к приказу первого вице-министра

индустрии и новых технологий

Республики Казахстан

от 05.03.2013 года № 59

**Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях**

1. Общие положения

1 Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях (далее - Методические указания) разработаны в соответствии с подпунктом 7) статьи 5 Закона Республики Казахстан «Об электроэнергетике» и рекомендуют содержание и порядок проведения работ по определению эксплуатационных тепловых потерь через тепловую изоляцию в водяных и паровых тепловых сетях.

2.Настоящие Методические указания предназначены для работников предприятий тепловых сетей и электростанций, в ведении которых находятся тепловые сети, а также наладочных организаций для определения фактических эксплуатационных тепловых потерь через тепловую изоляцию тепловых сетей и разработки на их основе нормируемых эксплуатационных тепловых потерь.

3. Фактические эксплуатационные тепловые потери устанавливаются путем проведения специальных тепловых испытаний.

2. Задачи, цели и последовательность работ по проведению испытаний

4. Задачей испытаний водяных и паровых тепловых сетей является определение фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию принятых для испытаний участков тепловых сетей при выбранном режиме и сопоставление их с нормативными значениями тепловых потерь для тех же участков тепловой сети.

5. Целью испытаний является определение тепловых потерь различными типами прокладки и конструкциями изоляции трубопроводов, характерными для данной тепловой сети. По результатам испытаний оценивается состояние изоляции испытываемых трубопроводов в конкретных эксплуатационных условиях работы прокладок.

Перед испытаниями тепловых сетей следует выполнить работы по восстановлению нарушенной тепловой изоляции на испытываемых участках, осушению камер тепловой сети, приведению в порядок дренажей, организации стока поверхностных вод и другие.

6. Испытаниям следует подвергать те участки сети, у которых тип прокладки и конструкция изоляции являются характерными для данной сети, что дает возможность распространить результаты испытаний на тепловую сеть в целом.

7. Испытания паропроводов проводятся при температурах и давлениях пара, равных расчетным или ниже их при обеспечении минимального значения перегрева пара в конечной точке испытуемой магистрали не менее чем на 15°С.

8.Испытаниясостоят из следующих этапов:

1) анализ проектных и эксплуатационных материалов по испытуемой водяной тепловой сети или паропроводу;

2) выбор участков сети, подлежащих испытанию;

3) составление технической и рабочей программ испытаний;

4) определение параметров испытаний;

5) подготовка сети и оборудования к испытаниям;

6) подготовка измерительной аппаратуры;

7) проведение тепловых испытаний;

8) обработка данных, полученных при испытаниях;

9) сопоставление полученных при испытаниях фактических тепловых потерь с нормативными значениями.

9. Определение фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию рекомендуется производить периодически один раз в пять лет. При этом выявляются изменения теплотехнических свойств изоляционных конструкций вследствие старения в процессе эксплуатации, ввода новых и реконструкции действующих тепловых сетей.

10. Полученные результаты испытаний по определению фактических тепловых потерь через тепловую изоляцию являются основой для разработки энергетической характеристики тепловой сети по показателю тепловых потерь и их нормирования.

3. Анализ материалов по водяной и паровой тепловой сети

10. При подготовке к испытаниям рекомендуется провести анализ схемы тепловой сети, температурных режимов ее работы, типов прокладки и конструкций тепловой изоляции, сроков службы трубопроводов, характерных случаев и причин повреждаемости, схемы, режимов работы, состава оборудования водоподогревательной установки или потребителей пара, а также данных о техническом состоянии тепловой изоляции и конструкций прокладок в целом.

11. По результатам сбора и анализа материалов составляется таблица по форме таблицы 1 приложения 1 к настоящим Методическим указаниям, в которую включается характеристика тепловой сети по отдельным участкам с указанием наружного диаметра и длины труб, конструкций тепловой изоляции, типов прокладки (подземная бесканальная и в каналах, надземная прокладка, в помещениях), а также сроков службы (года ввода в эксплуатацию). В таблицу включаются все участки тепловых сетей, находящихся на балансе предприятия.

12. Для пересчета полученных при испытаниях результатов на различные эксплуатационные режимы работы сети и для определения температурных параметров испытаний следует собрать следующие климатологические данные для того населенного пункта, в котором расположена испытываемая сеть:

1) среднегодовые температуры грунта () и среднемесячные температуры грунта () на средней глубине заложения оси трубопроводов (паропроводов) для подземной прокладки;

2) среднегодовые температуры наружного воздуха()  и среднемесячные температуры наружного воздуха() для надземной прокладки.

13. Климатологические данные следует принимать как многолетние по материалам ближайшей к данному населенному пункту метеостанции или из справочников по климатологии.

4. Выбор участков водяной и паровой тепловой сети для испытаний

14. Испытаниям рекомендуется подвергать участки тепловой сети, тип прокладки и конструкции тепловой изоляции которых являются характерными для данной сети.

15.Характерными считаются участки тепловых сетей, доля которых , определяемая по формуле (1), в материальной характеристике всей сети составляет не менее 20%:

,            (1)

где  - материальная характеристика для подающего трубопровода (или паропровода для паровой сети) или обратного трубопровода сети, просуммированная по всем участкам с данным типом прокладки и конструкцией изоляции, м2;

 -материальная характеристика для подающего трубопровода (или паропровода для паровой сети) или обратного трубопровода, просуммированная по всей сети в целом, м2;

 - наружный диаметр труб в пределах одного участка сети (по подающей или обратной линии при равных диаметрах труб водяной сети), м;

*L* - протяженность участка сети, м.

16. Объем испытываемых характерных участков тепловой сети, оцениваемый по материальной характеристике, определяется как реальной технической возможностью проведения испытаний, так и необходимостью получения представительных результатов, которые могут быть распространены на неиспытанные участки тепловой сети. Минимальный объем испытываемых участков готовой сети по материальной характеристике - не менее 20% материальной характеристики всей сети.

17. Проведение испытаний характерных участков в меньшем объеме допускается в исключительных случаях, когда значительная часть таких участков рассредоточена по тепловой сети и не может быть объединена в циркуляционное кольцо.

18. Испытания по определению тепловых потерь двухтрубной водяной тепловой сети необходимо проводить на циркуляционном кольце, состоящем из подающей и обратной линий с перемычкой между ними на конечном участке кольца. Начальный участок циркуляционного кольца образуется оборудованием и трубопроводами теплоподготовительной установки по рисунку 1 приложения 2 к настоящим Методическим указаниям.

19. Циркуляционное кольцо состоит из ряда последовательно соединенных участков, различающихся типом прокладки и конструкцией изоляции, а также диаметром трубопроводов. Рекомендуется проводить испытания на циркуляционном кольце, которое включает в себя основную магистраль тепловой сети, состоящую из труб наибольшего диаметра и максимальной протяженности от источника тепла. В конечный участок циркуляционного кольца могут быть включены участки распределительной (квартальной) сети. Все ответвления и отдельные абоненты, присоединенные к циркуляционному кольцу, на время испытаний отсоединяются от него.

20. Расход воды на всех участках циркуляционного кольца во время испытаний одинаковый и может отличаться только на величину утечки, которая не превышает указанную в пункте 30 настоящих Методических указаний.

Понижение температуры воды при этом по мере ее прохождения по циркуляционному кольцу обусловлено тепловыми потерями трубопроводов и арматуры в окружающую среду, которые могут быть определены исходя из измеренных во время испытаний расхода воды и снижения температуры.

21. Данные по паропроводам паровой тепловой сети указаны на рисунке 2 приложения 2 к настоящим Методическим указаниями сводятся в таблицу по форме таблицы 1 приложения 1 к настоящим Методическим указаниям.

5. Составление технической и рабочей программ испытаний

22. Техническая программа испытаний содержит:

1) наименование объекта, цель испытании и их объем;

2) перечень подготовительных работ и сроки их проведения;

3) условия проведения испытаний;

4) этапы проведения испытаний, их последовательность и ожидаемая продолжительность каждого этапа и испытаний в целом;

5) режим работы оборудования источника тепла, испытываемых участков и связанных с ними тепловых сетей на каждом этапе, расчетные параметры, их допустимые отклонения и предельные значения параметров;

6) режим работы оборудования источника тепла и тепловой сети после окончания испытаний;

7) требования техники безопасности при проведении испытаний;

8) перечень лиц, ответственных за подготовку и проведение испытаний;

9) перечень лиц, согласовывающих техническую программу.

23. Рабочая программа испытаний содержит:

1) перечень работ, выполняемых непосредственно перед испытаниями (подготовка оборудования, сборка схемы на источнике тепла и по сети, установка средств измерений, подготовка системы связи и сигнализации и другие), данные но исходному состоянию оборудования;

2) перечень мероприятии по подготовке наблюдателей, включая проведение инструктажа по ведению измерений и действиям при отклонениях от режима и неисправностях средств измерений; проведение инструктажа по технике безопасности при испытаниях;

3) перечень организаций и должностных лиц, ответственных за техническую и оперативную части испытаний;

4) перечень организаций и лиц, согласовывающих рабочую программу испытаний;

5) перечень и последовательность технологических операций по подготовке и проведению режимов испытаний;

6) график проведения испытаний (время начала и окончания каждого этапа и испытаний в целом);

7) указания о возможной корректировке графика испытаний (перерывов, повторение режимов, прекращение испытаний и другое) по промежуточным результатам испытаний;

8) указания о режиме работы оборудования после завершения испытаний;

9) требования техники безопасности при проведении испытаний;

10) перечень лиц, ответственных за обеспечение и проведение испытаний;

11) необходимые схемы, чертежи, графики.

6. Определение параметров испытаний водяной тепловой сети

24. Основными параметрами испытаний, определяемыми расчетным путем, являются поддерживаемые в процессе испытаний значения температуры воды в подающей линии сети на выходе из теплоподготовительной установки и расхода воды на начальном участке испытываемого циркуляционного кольца. Кроме того, определяются ожидаемые в процессе испытаний значения температуры воды в обратной линии на входе в теплоподготовительную установку и расхода подпиточной воды, а также ориентировочная продолжительность испытаний.

25. Температурный режим циркуляционного кольца во время испытаний задается исходя из следующих условий:

1) разность между средней температурой воды по всем участкам кольца и температурой окружающей среды во время испытаний принимается равной среднегодовому значению разности средней по подающему и обратному трубопроводу температуры воды и температуры окружающей среды по данной сети;

2) понижение температуры воды () в циркуляционном кольце за счет его тепловых потерь при испытаниях составляет не менее 8 и нe более 20°С.

26. При наличии на испытываемом кольце участков с различными типами прокладки и конструкциями изоляции понижение температуры воды () в кольце выбирается в соответствии с формулой, °С:

,              (2)

где - минимально допустимое понижение температуры воды в подающей или обратной линии на участке с наименьшей материальной характеристикой , принимаемое равным 2°С из условий обеспечения требуемой точности измерений температуры;

-отношение наименьшей материальной характеристики для подающего или обратного трубопровода участка испытываемого кольца  к суммарной материальной характеристике подающего  и обратного трубопроводов для всего кольца в целом.

При значении отношения < 0,1="" тепловые="" потери="" на="" соответствующих="" участках="" испытываемого="" кольца,="" как="" правило,="" отдельно="" не="">

27. Температуры воды в подающем (*t*п.и) и обратном (*t*о.и) трубопроводах испытываемого кольца на выходе из теплоподготовительной установки и на входе в нее определяются по формулам, °С:

;   (3)

(4)

где  и-среднегодовые температуры воды в подающем и обратном трубопроводах испытываемой сети, °С; подсчитываются как среднеарифметические из среднемесячных температур сетевой воды, определенных по утвержденному эксплуатационному температурному графику при среднемесячных температурах наружного воздуха;

-ожидаемая усредненная по всем участкам кольца температура окружающей среды во время испытаний, °С;

-усредненная по тем же участкам среднегодовая температура окружающей среды, °С.

Полученные данные заносятся в таблицу по форме таблицы 2 приложения 1 к настоящим Методическим указаниям.

28. При наличии в пределах испытываемого кольца участков как с подземной, так и с надземной прокладкой тепловой сети усредненные температуры окружающей среды подсчитываются соответственно по формулам, °С:

;                (5)

;                (6)

где  и-соответственно средние за месяц проведения испытаний температуры грунта на среднем уровне оси теплопроводов и наружного воздуха, °С;

 и -соответственно среднегодовые температуры грунта и наружного воздуха, °С;

 и -материальные характеристики для подающей или обратной линии по всем участкам соответственно подземной и надземной прокладки, расположенным в пределах испытываемого циркуляционного кольца, м2;

-суммарная материальная характеристика для подающей или обратной линии по всем участкам испытываемого кольца, м2.

29. Расчетный расход воды по испытываемому кольцу (*Q*и) определяется исходя из ориентировочного значения тепловых потерь этого кольца при режиме испытаний, подсчитываемого по формуле, Вт или ккал/ч:

, (7)

где *b*-коэффициент местных потерь, учитывающий тепловые потери арматуры, опор и компенсаторов; принимается для бесканальной прокладки равным 1,15, для канальной и надземной в зависимости от диаметра условного прохода трубопроводов: до 150 мм - 1,2, 150 мм и более - 1,15;

-значения удельных тепловых потерь данной тепловой сети суммарное для подающего и обратного трубопроводов каждого диаметра подземной (канальной и бесканальной) прокладки при температурном режиме испытаний, Вт/м или ккал/(м×ч);

 и -значения удельных тепловых потерь данной тепловой сети соответственно по подающей и обратной линиям для каждого диаметра труб надземной прокладки при температурном режиме испытаний, Вт/м или ккал/(м×ч).

30. Значения удельных тепловых потерь для подземной и надземной прокладок определяются, исходя из норм тепловых потерь при температурном режиме и циркуляционном кольце во время испытаний по формулам, Вт/м или ккал/(м×ч):

;                      (8)

;                            (9)

;                          (10)

где значения ,, и  принимаются из справочных материалов по тепловой изоляции по таблицам 4 и 5 приложения 3 к настоящим Методическим указаниям, или по плотности теплового потока при среднегодовых температурах сетевой воды и окружающей среды по таблицам6, 7 и 8 приложения 3 к настоящим Методическим указаниям.

Значения удельных тепловых потерь при температурах, отличающихся от нормативных, определяются путем линейной интерполяции (или экстраполяции).

31. Средние температуры воды при режиме испытании соответственно в подающем и обратном трубопроводах испытываемого кольца определяются по формулам, °С:

;    (11)

 (12)

32. Расчетный расход воды в циркуляционном кольце во время испытаний определяется по формуле, кг/с или т/ч:

,                   (13)

где*с*- удельная теплоемкость сетевой воды, принимается равной 4,19×103Дж/(кг×°С) или 1 ккал/(кг×°С).

Предполагаемое значение часовой подпитки сети при испытаниях принимается равным 0,5% суммарного объема трубопроводов в пределах испытываемого циркуляционного кольца.

33. Ожидаемая продолжительность пробега частиц воды по испытываемому циркуляционному кольцу определяется по формулам, ч:

при  в кг/с

;            (14)

при  в т/ч

,           (15)

где *V*- суммарный объем труб испытываемого циркуляционного кольца в пределах от выхода до входа их в теплоподготовительную установку, м3;

*r* - плотность воды в испытываемом кольце при средней температуре воды , кг/ м3.

7. Подготовка водяной тепловой сети и оборудования к испытаниям

34. Циркуляция воды в испытываемом кольце создается насосом небольшой подачи, в качестве которого может быть использован летний сетевой насос или другое оборудование источника тепла.

35. В качестве водоподогревательного оборудования при испытаниях следует использовать теплообменники, обеспечивающие тепловую мощность, соответствующую расчетным потерям тепловой энергии в циркуляционном кольце, а также возможность поддержания заданной расчетной температуры на выходе из источника при относительно небольшом расходе воды при испытаниях.

36. На конечном участке испытываемого кольца для перепуска воды из подающей линии в обратную устанавливается циркуляционная перемычка, рассчитанная на потери напора в ней 1-2 м.

Для перепуска воды из подающей линии в обратную могут быть использованы также элеваторные перемычки вводов, расположенных за конечным участком испытываемого кольца. Сопла элеваторов при этом следует удалить.

37. Непосредственно перед началом испытаний все ответвления, не подвергающиеся испытаниям, перемычки между подающим и обратным трубопроводами, а также при необходимости тепловые вводы потребителей  сети, кроме используемых в качестве перемычек за конечным участком, отключаются от испытываемого кольца. Плотность отключения тщательно проверяется.

8. Подготовка измерительной аппаратуры при испытании водяной тепловойсети

38. При тепловых испытаниях сети подлежат измерению: расход воды, циркулирующей по испытываемому кольцу, расход подпиточной воды и температура воды в точках наблюдения.

Кроме того следует контролировать давление в обратной линии испытываемого кольца на входе ее в теплоподготовительную установку.

39. Расходы сетевой и подпиточной воды измеряются посредством сужающих устройств (измерительных диафрагм), установленных на подающей или обратной линии, а также на подпиточной линии. К измерительным диафрагмам присоединяются расходомеры переменного перепада давлений.

Измерительные диафрагмы рассчитываются на расходы сетевой и подпиточной воды, которые были выявлены при определении параметров испытаний.

Допускается использовать иные средства измерения расхода, имеющие действующий сертификат о калибровке.

40. Температура воды в испытываемом циркуляционном кольце измеряется отдельно по подающей и обратной линиям и точкам, расположенным на границах участков, определенных в соответствии с пунктом18настоящих Методических указаний. В конечной точке испытываемого кольца в месте установки циркуляционной перемычки устанавливается один термометр.

Термометр на обратном трубопроводе в теплоподготовительной установке размещается до точки врезки подпиточного трубопровода по ходу воды.

Температура воды, а также температура наружного воздуха во время испытаний измеряется лабораторными термометрами с ценой деления 0,1°С.

41. Все применяемые при испытаниях средства измерения рекомендуется проверять в соответствии с действующими положениями.

9. Проведение тепловых испытаний водяных тепловых сетей

42. Осуществление разработанных гидравлических и температурных режимов испытаний производится в следующем порядке:

1) включаются расходомеры на линиях сетевой и подпиточной воды и устанавливаются термометры на циркуляционной перемычке конечного участка кольца, на выходе трубопроводов из теплоподготовительной установки и на входе в нее;

2) устанавливается определенный расчетом расход воды по циркуляционному кольцу, который поддерживается постоянным в течение всего периода испытаний;

3) устанавливается давление в обратной линии испытываемого кольца на входе ее в теплоподготовительную установку;

4) устанавливается температура  воды в подающей линии испытываемого кольца на выходе из теплоподготовительной установки, определенная по формуле (3).

43. Отклонение расхода сетевой воды в циркуляционном кольце не превышает ±2 % расчетного значения.

Температура воды в подающей линии поддерживается постоянной с точностью ±0,5°С.

44. Определение тепловых потерь при подземной прокладке сетей производится при установившемся тепловом состоянии, что достигается путем стабилизации температурного поля в окружающем теплопроводы грунте, при заданном режиме испытаний.

Продолжительность достижения установившегося теплового состояния испытываемого кольца зависит от исходного состояния и температурного режима работы сети до испытаний и обычно находится в пределах (2¸8), где  определяется по формуле (15).

45. Показателем достижения установившегося теплового состояния грунта на испытываемом кольце является постоянство температуры воды в обратной линии кольца на входе в теплоподготовительную установку в течение 4 часов.

Во время прогрева грунта измеряются расходы циркулирующей и подпиточной воды, температура сетевой воды на входе в теплоподготовительную установку и выходе из нее и на перемычке конечного участка испытываемого кольца. Результаты измерений фиксируются одновременно через каждые 30 минут. Продолжительность периода достижения установившегося теплового состояния кольца существенно сокращается, если перед испытанием горячее водоснабжение присоединенных к испытываемой магистрали потребителей осуществлялось при температуре воды в подающей линии, близкой к температуре испытаний .

46. Начиная с момента достижения установившегося теплового состояния во всех намеченных точках наблюдения устанавливаются термометры и измеряется температура воды. Запись показаний термометров и расходомеров ведется одновременно с интервалом 10 минут. Продолжительность основного режима испытаний составляет не менее  + (8¸10) часов.

47. На заключительном этапе испытаний методом «температурной волны» уточняется  воды по циркуляционному кольцу, предварительно определенная по формуле (15). На этом этапе температура воды в подающей линии за 20-40 минут повышается на 10-20°С по сравнению со значением  и поддерживается постоянной на этом уровне в течение 1 часа. Затем с той же скоростью температура воды понижается до значения , которое и поддерживается до конца испытаний.

Расход воды при режиме «температурной волны» остается неизменным. Прохождение «температурной волны» по испытываемому кольцу фиксируется с интервалом 10 минут во всех точках наблюдения, что дает возможность определить фактическую продолжительность пробега частиц воды но каждому участку испытываемого кольца.

48. Испытания считаются законченными после того, как «температурная волна» будет отмечена в обратной линии кольца на входе в теплоподготовительную установку.

Суммарная продолжительность основного режима испытаний и периода пробега «температурной волны» составляет 2+ (10¸12) часов.

10. Обработка результатов испытаний водяных тепловых сетей

49. В результате испытаний определяются тепловые потери для каждого из участков испытываемого кольца отдельно по подающей и обратной линиям.

50. Для выявления периода, в течение которого температурный режим испытании был наиболее близок к установившемуся, необходимо построить по всем точкам измерений график изменения температуры.

По каждому наблюдательному пункту следует усреднить значения температуры воды, полученные при 20 - 30 последовательных измерениях в тот период, когда режим испытаний был наиболее близок к  установившемуся. За этот же период усредняются значения расходов сетевой и подпиточной воды.

Усредняемые значения температуры следует сместить по времени на фактическую продолжительность пробега воды между точками измерения, определенную методом «температурной волны».

51. Тепловые потери по подающему  и обратному трубопроводам для каждого из участков испытываемого кольца определяются по формулам, Вт или ккал/ч:

;      (16)

,                                     (17)

где - усредненный расход сетевой воды в подающей линии на выходе из теплоподготовительной установки, кг/с (т/ч);

 - линии на выходе из теплоподготовительной установки, кг/с (т/ч);

 и  - усредненные температуры воды в начале и конце подающего трубопровода на участке, °С;

 и  - усреднение температуры воды в начале и конце обратного трубопровода на участке, °С.

52. При наличии на испытанном участке циркуляционного кольца отрезков трубопровода с другими типами прокладок или конструкциями изоляции незначительной протяженности, на которых температурный перепад не измеряется, обработка результатов испытаний такого участка производится следующим образом:

1) по формулам (16) и (17) определяются фактические тепловые потери по подающей и обратной линиям на испытанном участке, включающем нехарактерные отрезки трубопровода;

2) для каждого нехарактерного отрезка рассчитываются средние температуры воды по подающему и обратному трубопроводам, °С:

;             (18)

,              (19)

где  и - материальные характеристики соответственно подающего и обратного трубопроводов на всем испытанном участке циркуляционного кольца, м2;

 и  - материальные характеристики соответственно подающего и обратного трубопроводов части участка циркуляционного кольца от начала участка до места расположения нехарактерного отрезка, м2;

 и  - материальные характеристики соответственно подающего и обратного трубопроводов нехарактерного отрезка, м2.

53. По методу, указанному в пункте29настоящих Методических указаний, определяются приближенные тепловые потери нехарактерного отрезка трубопровода при температурном режиме испытаний; при этом *L* — длина нехарактерного отрезка (м), а значения ,  и находятся по температурам ,  и средним за время испытаний температурам грунта и окружающего воздуха.

54. Фактические тепловые потери по основной части испытанного участка циркуляционного кольца, используемые для дальнейших расчетов, определяются как разность тепловых потерь по каждому из трубопроводов по формулам (16), (17) и на нехарактерных отрезках трубопроводов.

11. Оценка и использование результатов определения тепловых потерь водяных тепловых сетей

55. Полученные по результатам испытаний фактические тепловые потери, пересчитанные на среднегодовые температурные условия работы тепловой сети, используются как основа для последующего нормирования тепловых потерь тепловыми сетями организации на пятилетний период, а также для оценки изменения теплотехнических свойств теплоизоляционных конструкций и технического состояния тепловых сетей в целом.

56. Оценка фактических тепловых потерь для среднегодовых условий производится путем их сопоставления с соответствующими значениями тепловых потерь, определенных по нормам, приведенным в таблицах 4 - 8 приложения3 к настоящим Методическим указаниям.

57. Пересчет фактических тепловых потерь для всех испытанных участков тепловой сети на среднегодовые условия ее работы производится по формулам, Вт или ккал/ч:

1) для участков подземной прокладки, суммарно по подающему и обратному трубопроводам

;       (20)

2) для участков надземной прокладки раздельно по подающему и обратному трубопроводам

;                (21)

,            (22)

где и  —температура грунта и окружающего воздуха, средняя за время испытании, °С.

58. Значения среднегодовых тепловых потерь по нормам для испытанных участков данной тепловой сети определяются по формулам, Вт или ккал/ч:

1) для участков подземной прокладки

;                  (23)

2) для участков надземной прокладки

;                 (24)

,                (25)

где значения , ,  и *b* определяются согласно пункту 29 настоящих Методических указаний.

59. Соотношения фактических и определенных по нормам тепловых потерь определяются по формулам:

1) для участков подземной прокладки

;                       (26)

2) для участков надземной прокладки

;                  (27)

.                 (28)

60. При анализе результатов испытаний следует иметь в виду следующее:

1) соотношения *K* показывают, на какое значение фактические тепловые потери отличаются от соответствующих потерь, определенных по нормам проектирования тепловой изоляции для различных видов прокладки. Так как определение тепловых потерь и их соответствие нормам при вводе тепловых сетей в эксплуатацию не предусматривается, то изменение технического состояния теплоизоляционной конструкции в процессе эксплуатации рекомендуется определяет динамикой изменения фактических тепловых потерь при регулярном проведении испытаний с установленной периодичностью;

2) одинаковые значения соотношений *K* по видам прокладки (подземной и надземной) отражают различное техническое состояние теплоизоляционных конструкций. Для подземных прокладок меньше диапазон изменения коэффициентов *K* при ухудшении теплотехнических свойств изоляции, а также, как правило, ниже абсолютные значения *K*, чем для надземной прокладки;

3) значения соотношений *K* для тепловых сетей, изоляция которых выполнена по ранее действовавшим нормам тепловых потерь и по которым спроектировано большинство действующих сетей, ниже из-за более высоких абсолютных значений удельных тепловых потерь, чем для тепловых сетей с изоляцией по нормам, приведенным в таблицах 4 - 8 приложения 3 к настоящим Методическим указаниям.

61. Определение эксплуатационных нормируемых тепловых потерь всей сетью на основании анализа результатов испытаний на предстоящий период, а также сопоставление фактических и нормативных эксплуатационных тепловых потерь за прошедший период рекомендуется осуществлять в соответствии с методическими указаниями по составлению энергетической характеристики тепловых сетей по показателю тепловых потерь.

12.Определение параметров испытаний паровой тепловой сети (паропроводов)

62. Надежное определение тепловых потерь возможно при постоянных параметрах перегретого пара на источнике и у потребителя (по температуре и давлению разброс 3%, по расходу - 10-15%).

63. Постоянное давление и температуры на источнике обеспечивается поддержанием постоянных технологических режимов (электрической нагрузки турбин, режимов парообразования в котлах и т.д.).

64. Постоянный расход пара по трассе достигается регулированием расхода пара на коллекторах у абонентов путем увеличения или уменьшения сброса пара в атмосферу через специальные дренажные трубопроводы.

65. Исходя из условия поддержания требуемого давления пара у потребителя и перегрева на 15°С пара на конечном пункте испытуемого участка (пункт5 настоящих Методических указаний) определяются конечные давление (Р2) и температура () испытуемого участка паропровода.

66. Начальная температура () пара определяется из выражения:

(29)

где- температура окружающей среды (температура грунта или воздуха в зависимости от типа прокладки), °С;

- коэффициент местных тепловых потерь; предварительно рекомендуется принимать  = 0,25;

- термическое сопротивление изоляционной конструкции испытуемого участка (определяется путем теплового расчета существующей конструкции с применением табличных данных), м °С, с/кДж;

- расчетный расход пара, кг/с;

- удельная изобарная теплоемкость пара при средней температуре  + 30°С, кДж/(кг·°С).

67. После вычисления  уточняется  (при температуре  ) и расчет повторяется до получения разницы() ≤ 5°, где и  - температура в начале паропровода при (n) и (n +1) расчете. Начальное абсолютное давление пара (МПа ) определяется из выражения:

,  (30)

где - удельное падение давления:

 , МПа/м,                                    (31)

здесь- обобщенный коэффициент, равный 10,6 10-3 м0,26;

- плотность пара и начале паропровода, кг/м2;

- внутренний диаметр трубопровода, м;

- коэффициент местных потерь давления; предварительно рекомендуется принимать  = 0,25.

По перепаду давления ∆ = - определяется падение температуры пара на участке за счет дроссель-эффекта:

,(32)

где- дифференциальный дроссель-эффект, °С/МПа (принимается при  = 0,6 + 1,5 МПа и  = 300+350°С равным (12+14) °С/МПа); при других параметрах пара дроссель-эффект определяется по диаграммам или таблицам теплофизических свойств водяного пара по изоэнтальпии (по линия постоянной энтальпии).

Начальная температура пара с учетом дроссель-эффекта:

.                                            (33)

68. Перед началом работ все ответвления, не подвергающиеся проверке, отсоединяются от испытуемого участка. Плотность отсоединения тщательно проверяется.

13. Подготовка измерительной аппаратуры паропровода

69. Измерению подлежат: расход, температура и давление пара в начале и конце испытуемого паропровода, а также температура и давление пара на отдельных участках, температура наружного воздуха и барометрическое давление.

70. Измерение расходов пара осуществляется установкой измерительных диафрагм у источника и потребителей на перепад давления 0,053 МПа (400 мм рт. ст).

71. Измерение температуры производится установкой ртутных термометров или термоэлектрических термометров (термопар).

Ртутные термометры должны иметь шкалу с ценой деления (0,1-0,5)°С. Гильза термометра должна быть врезана так, чтобы ртутный баллон находился на оси трубы. В случае выступания столбика ртути из гильзы при измерениях более 50 мм к основному термометру прикрепляется вспомогательный для определения поправки на температуру выступающего столбика.

72. Давление пара измеряется с помощью манометров типа ВТИ (класс 0,6), которые устанавливаются в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

73. Все измерительные приборы перед их установкой тарируются и проверяются: точно измеряются диаметры отверстий диафрагм и проверяется качество острой кромки, промываются, опрессовываются и проверяются ртутные дифференциальные манометры, проверяются термометры и манометры, термоэлектрические термометры подвергаются индивидуальной градуировке.

74. Места установки измерительной аппаратуры указываются на схеме испытуемого паропровода.

14. Проведение тепловых испытаний паропровода и обработка результатов

75. Осуществление режимов испытания производятся следующим образом:

1) включаются дифференциальные манометры в начале и конце паропровода;

2) устанавливается расчетной расход пара, который поддерживается постоянным в течение всего периода испытаний, давление  и температура ;

3) прогревается паропровод (и грунт при подземной прокладке) до установления постоянной температуры на конечном участке (в течение 2-5 часов). Продолжительность этого периода значительно сокращается при предварительном прогреве грунта;

4) после установления испытательного режима во всех точках измеряется температура, давление и расход пара через каждые 10 минут в течении 2 часов.

76. Строятся графики расходов, абсолютных давлений и температур по всем испытуемым участкам паропровода.

77. Подсчитываются средние значения всех параметров пара в период испытания и вводятся поправки (при определении абсолютного давления кроме тарировочных поправок учитывается барометрическое давление).

78. Составляются таблицы с данными расходов, давлений и температур по каждому испытуемому участку.

79. Определяются тепловые потери на каждом участке по формуле:

,(34)

где - средний расход пара на участке, кг/с;

 - начальная энтальпия пара, кДж/кг;

 - конечная энтальпия пара, кДж/кг;

80. Определяются удельные тепловые потери:

.                                                    (35)

81. Термическое сопротивление участка:

  ,(36)

где  - средняя температура на участке, °С;

- температура окружающей среды - наружного воздуха для надземной прокладки и грунта на уровне оси трубопровода при подземной прокладке, °С.

82. Значение перегрева пара в любой точке паропровода:

,(37)

где температура насыщения пара, определяемая по таблицам или диаграммам по давлению , °С.

83. Значения , , ∆τ  заносятся в таблицу с данными расходов, давлений и температур по каждому испытуемому участку.

15.Сопоставление измеренных тепловых потерь с нормативными

84. Для сравнения фактических тепловых сетей с нормативными необходимо пересчитать данные, полученные при испытаниях на среднегодовые условия работы паропровода. При этом принимается, что значения термических сопротивлений () участков паропровода -постоянны, характеризуют качество изоляции и прокладки паропровода.

85. В том случае, если при эксплуатационных режимах пар находятся в перегретом состоянии, пересчет производится по формулам (29) и (31-37) с учетом средних температур окружающей среды. При отсутствии измерений давления на промежуточных участках эти значения могут быть получены по известным начальным параметрам пара:

.                                    (38)

86. Результаты пересчета (фактические средние тепловые потери) сравниваются с нормативными тепловыми потерями и составляется заключение о состоянии паропроводов.

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

1) исходные данные: давление и температура пара у источника и расход пара у источника и потребителей. По формуле (29) определяется распределение  по трассе;

2)по формуле (50) определяется падение давленая по трассе и в соответствии с линией давлений строится линия температур насыщения  ;

3)пересечение линий и  и  дает течку перехода пара из перегретого во влажное состояние () ;

4)удельные тепловые потери паропровода на участке  с влажным паром:

 ,                                                   (39)

где  - средняя температура насыщения на участке  , °С;

 - температура пара в конце участка , равная температуре насыщения при , °С;

5) суммарные потери участка с влажным паром определяются по формуле:

 ;(40)

6) энтальпия влажного пара (смеси сухого пара и конденсата) в конце участка  определяется по формуле:

 ;(41)

где - энтальпия пара в точке перехода из перегретого в насыщенное состояние, кДж/кг;

7) степень, влажности пара в конце участка определяется по формуле:

,(42)

где - скрытая теплота парообразования, кДж/кг;

8) степень сухости пара:

 ,                                         (43)

где- теплосодержание жидкости в конечной точке, кДж/кг;

9) количество выпавшего конденсата, кг/с:

.(44)

88. Результаты расчетов по участку с влажным паром проверяются по формулам теплового и материального баланса:

;    (45)

,                                             (46)

где - расход пара в начале участка с влажным паром, кг/с;

- расход пара в конце участка с влажным паром, кг/с;

 - расход сконденсировавшейся влаги в конце участка с влажным парам, кг/с;

- тепловые потери участка с влажным паром, кДж/с.

Формула (57) может быть выражена следующим образом

.(47)

16. Нормирование тепловых потерь паропроводами

89. При определении нормируемых значений часовых среднегодовых (или среднемесячных) эксплуатационных тепловых потерь паропроводами через изоляционную конструкцию исходят из следующих положений:

1) участка типа А - для испытанных участков используются значения измеренных тепловых потерь с пересчетом на среднегодовой режим работы;

2) участки типа Б - для участков, не подвергавшихся испытаниям, но имеющих типы прокладки и конструкции изоляции аналогичные испытанным участкам, используются нормативные значения среднегодовых тепловых потерь (согласно пункту 92настоящих Методических указаний) для данных паропроводов с введением коэффициента К, значения которого принимаются в соответствии с результатами испытаний:

 .(48)

Значения  и  определяются по формулам (50) и (52). Более точно нормируемые значения тепловых потерь для этого типа конструкций определяются в такой последовательности:

1) по данным испытаний определяется фактический усредненный коэффициент теплопроводности тепловой изоляции;

2) по существующим диаметрам теплопроводов и толщинам теплоизоляционных слоев подсчитываются нормируемые тепловые потери;

3) участки типа В - для участков паропроводов, не подвергавшихся испытаниям и имеющих типы прокладки или конструкции изоляции, отличные от испытанных участков, применяются нормативные значения среднегодовых теплопотерь без введения и справочных коэффициентов;

4) нормируемые значения среднегодовых эксплуатационных тепловых потерь всей сетью паропроводов получаются путем суммирования потерь по охарактеризованным выше группам участков.

90. Нормативные значения среднегодовых тепловых потерь принимаются исходя из действующих норм тепловых потерь для различных типов прокладок паропроводов или на основании технико-экономического расчета.

Поскольку приведенные в действующих нормах значения температур окружающей среды и теплоносителя, как правило, не соответствуют температурам для конкретных паропроводов, необходим пересчет этих значений, на условия работы последних.

91. Нормативные значения среднегодовых тепловых потерь для конкретного паропровода при нормативных значениях средних температур пара и окружающей среды определяются по формуле:

,(49)

где  - нормативное значение удельных тепловых потерь паропроводов  - принимается по таблице 9 или 10 приложения3 к настоящим Методическим указаниям.

92. Нормируемые значения среднегодовых тепловых потерь паропроводами определяется по каждой группе участков,

1) участки типа А:

,(50)

где - измеренные тепловые потери, кДж/с (кВт);

 - средняя температура пара при испытаниях, °С;

 - температура окружающей среды при испытаниях, °С;

 - средняя годовая температура пара при эксплуатации паропровода, °С;

 - средняя годовая температура окружающей среды, °С;

2) участки типа Б:

 ,(51)

гдеК принимается в соответствии с пунктом89 настоящих Методических указаний;

 - средняя годовая температура пара по нормам, °С;

 - средняя годовая температура окружающей среды по нормам, °С;

3) участки типа В:

 ,(52)

93. Нормируемые значения среднегодовых тепловых потерь всей сети паропроводов определяются по формуле:

 .(53)

94. Нормируемые значения среднемесячных потерь теплоты паропроводами определяются по формулам (50)-(52) с учетом среднемесячных температур пара и окружающей среды.

95. Нормируемые значения месячных потерь теплоты паропроводом определяются по формуле:

,              (54)

где дано в МДж;

n - продолжительность работы паропровода в течение месяца, часа.

96. Нормируемое значение годовых тепловых потерь паропроводами через изоляционные конструкции определяется как сумма месячных тепловых потерь:

 .                                                (55)

97. При тепловых испытаниях выявляются тепловые потери паропроводов за счет утечек пара и конденсата и предпринимаются мероприятия по их устранению.

Приложение 1

к Методическим указаниям по определению

тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях

Материальная характеристика тепловых сетей

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок сети | Тип прокладки, конструкция тепловой изоляции | Год ввода в эксплуатацию | Наружный диаметр, м | Длина участка L, м | Материальная характеристика М, м2 | Доля материальной характеристики по типу прокладки или конструкции и изоляции |
|    |   |   |   |   |   |   |

Среднемесячные и среднегодовые температуры окружающей среды и сетевой воды

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Месяц, год | Температура, °С | Температура сетевой воды в трубопроводах, °С |
|   | грунта на средней глубине залегания  | наружного воздуха  | подающем | обратном |
|    |   |   |   |   |

Расчет потерь тепла на испытанных участках тепловой сети

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок сети | Тип прокладки, конструкция тепловой | Расход сетевой и подпиточной воды, кг/с (т/ч) | Температура воды в начале и конце участка, °С | Температура окружающей среды при | Фактические тепловые потери |
|   | изоляции |  |  |  |  | испытаниях, °С | , Вт (ккал/ч) |
|    |   |   |   |   |   |   |   |

Приложение 3

к Методическим указаниям по определению

тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях

Нормы потерь тепла изолированными водяными теплопроводами, расположенными в непроходных каналах и при бесканальной прокладке (с расчетной среднегодовой температурой грунта +5°С на глубине заложения теплопроводов**)**

Таблица 4

|  |  |
| --- | --- |
| Наружный  | Нормы потерь тепла, Вт/м [ккал/(м2×ч)] |
| диаметр труб*,* мм | обратного теплопровода при средней температуре воды(=50 °С) | двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 52,5°С(=65 °С) | двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 65°С (=90 °С) | двухтрубной прокладки при разности среднегодовых температур воды и грунта 75°С (=110 °С) |
| 32 | 23 (20) | 52 (45) | 60 (52) | 67 (58) |
| 57 | 29 (25) | 65 (56) | 75 (65) | 84 (72) |
| 76 | 34 (29) | 75 (64) | 86 (74) | 95(82) |
| 89 | 36 (31) | 80 (69) | 93 (80) | 102 (88) |
| 108 | 40 (34) | 88 (76) | 102 (88) | 111 (96) |
| 159 | 49 (42) | 109 (94) | 124 (107) | 136 (117) |
| 219 | 59 (51) | 131 (113) | 151 (130) | 165 (142) |
| 273 | 70 (60) | 154 (132) | 174 (150) | 190 (163) |
| 325 | 79 (68) | 173 (149) | 195 (168) | 212 (183) |
| 377 | 88 (76) | 191 (164)\* | 212 (183) | 234 (202) |
| 426 | 95 (82) | 209 (180)\* | 235 (203) | 254 (219) |
| 478 | 106 (91) | 230 (198)\* | 259 (223) | 280 (241) |
| 529 | 117 (101) | 251 (216)\* | 282 (243) | 303 (261) |
| 630 | 133 (114) | 286 (246)\* | 321 (277) | 345 (298) |
| 720 | 145 (125) | 316 (272)\* | 355 (306) | 379 (327) |
| 820 | 164 (141) | 354 (304)\* | 396 (341) | 423 (364) |
| 920 | 180 (155) | 387 (333)\* | 433 (373) | 463 (399) |
| 1020 | 198 (170) | 426 (366)\* | 475 (410) | 506 (436) |
| 1220 | 233 (200) | 499 (429) | 561 (482) | 591 (508) |
| 1420 | 265 (228) | 568 (488) | 644 (554) | 675 (580) |
| Примечания: 1. Отмеченные знаком»\*»значения удельных тепловых потерь приведены как оценочные из-за отсутствия в Нормах соответствующих значений удельных тепловых потерь для подающего трубопровода. 2. Удельные тепловые потери для диаметров 1220 и 1420 мм из-за их отсутствия в Нормах определены методом экстраполяции и приведены как рекомендуемые значения. |

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

Таблица 5

|  |  |
| --- | --- |
| Наружный  | Нормы потерь тепла, Вт/м [ккал / (м2× ч)] |
| диаметр труб, мм | Разность среднегодовой температуры сетевой воды в подающемили обратном трубопроводах и наружного воздуха, °С |
|   | 45 | 70 | 95 | 120 |
| 32 | 17 (15) | 27 (23) | 36 (31) | 44 (38) |
| 49 | 21 (18) | 31 (27) | 42 (36) | 52 (45) |
| 57 | 24 (21) | 35 (30) | 46 (40) | 57 (49) |
| 76 | 29 (25) | 41 (35) | 52 (45) | 64 (55) |
| 82 | 32 (28) | 44 (38) | 58 (50) | 70 (60) |
| 108 | 36 (31) | 50 (43) | 64 (55) | 78 (67) |
| 133 | 41 (35) | 56 (48) | 70 (60) | 86 (74) |
| 159 | 44 (38) | 58 (50) | 75 (65) | 93 (80) |
| 194 | 49 (42) | 67 (58) | 85 (73) | 102 (88) |
| 219 | 53 (46) | 70 (60) | 90 (78) | 110 (95) |
| 273 | 61 (53) | 81 (70) | 101 (87) | 124 (107) |
| 325 | 70 (60) | 93 (80) | 116 (100) | 139 (120) |
| 377 | 82 (71) | 108 (93) | 132 (114) | 157 (135) |
| 426 | 95 (82) | 122 (105) | 148 (128) | 174 (150) |
| 478 | 103 (89) | 131 (113) | 158 (136) | 186 (160) |
| 529 | 110 (95) | 139 (120) | 168 (145) | 197 (170) |
| 630 | 121 (104) | 154 (133) | 186 (160) | 220 (190) |
| 720 | 133 (115) | 168 (145) | 204 (176) | 239 (206) |
| 820 | 157 (135) | 195 (168) | 232 (200) | 270 (233) |
| 920 | 180 (155) | 220 (190) | 261 (225) | 302 (260) |
| 1020 | 209 (180) | 255 (220) | 296 (255) | 339 (292) |
| 1420 | 267 (230) | 325 (280) | 377 (325) | 441 (380) |

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов  **двухтрубных водяных тепловых сетей при прокладке в непроходных каналах, Вт/м [ккал / (м2×ч)]**

Таблица 6

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условный  | При числе часов работы в год 5000 и менее | При числе часов работы в год более 5000 |
| проход | Трубопровод |
| трубопровода, мм | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный |
|   | Среднегодовая температура теплоносителя, °С |
|   | 65 | 50 | 90 | 50 | 110 | 50 | 65 | 50 | 90 | 50 | 110 | 50 |
| 25 | 18 (15) | 12 (10) | 26 (22) | 11 (9) | 31 (27) | 10 (9) | 16 (14) | 11 (9) | 23 (20) | 10 (9) | 28 (24) | 9 (8) |
| 30 | 19 (16) | 13 (11) | 27 (23) | 12 (10) | 33 (28) | 11 (9) | 17 (15) | 12 (10) | 24 (21) | 11 (9) | 30 (26) | 10 (9) |
| 40 | 21 (18) | 14 (12) | 29 (25) | 13 (11) | 36 (31) | 12 (10) | 18 (15) | 13 (11) | 26 (22) | 12 (10) | 32 (28) | 11 (9) |
| 50 | 22 (19) | 15 (13) | 33 (28) | 14 (12) | 40 (34) | 13 (11) | 20 (17) | 14 (12) | 28 (24) | 13 (11) | 35 (30) | 12 (10) |
| 65 | 27 (23) | 19 (16) | 38 (33) | 16 (14) | 47 (40) | 14 (12) | 23 (20) | 16 (14) | 34 (29) | 15 (13) | 40 (34) | 13 (11) |
| 80 | 29 (25) | 20 (17) | 41 (35) | 17 (15) | 51 (44) | 15 (13) | 25 (22) | 17 (15) | 36 (31) | 16 (14) | 44 (38) | 14 (12) |
| 100 | 33 (28) | 22 (19) | 46 (40) | 19 (16) | 57 (49) | 17 (15) | 28 (24) | 19 (16) | 41 (35) | 17 (15) | 48 (41) | 15 (13) |
| 125 | 34 (29) | 23 (20) | 49 (42) | 20 (17) | 61 (53) | 18 (15) | 31 (27) | 21 (18) | 42 (36) | 18 (15) | 50 (43) | 16 (14) |
| 150 | 38 (33) | 26 (22) | 54 (46) | 22 (19) | 65 (56) | 19 (16) | 32 (28) | 22 (19) | 44 (38) | 19 (16) | 55 (47) | 17 (15) |
| 200 | 48 (41) | 31 (27) | 66 (57) | 26 (22) | 83 (71) | 23 (20) | 39 (34) | 27 (23) | 54 (46) | 22 (19) | 68 (59) | 21 (18) |
| 250 | 54 (46) | 35 (30) | 76 (65) | 29 (25) | 93 (80) | 25 (22) | 45 (39) | 30 (26) | 64 (55) | 25 (22) | 77 (66) | 23 (20) |
| 300 | 62 (53) | 40 (34) | 87 (75) | 32 (28) | 103 (89) | 28 (24) | 50 (43) | 33 (28) | 70 (60) | 28 (24) | 84 (72) | 25 (22) |
| 350 | 68 (59) | 44 (38) | 93 (80) | 34 (29) | 117 (101) | 29 (25) | 55 (47) | 37 (32) | 75 (65) | 30 (26) | 94 (81) | 26 (22) |
| 400 | 76 (65) | 47 (40) | 109 (94) | 37 (32) | 123 (106) | 30 (26) | 58 (50) | 38(33) | 82 (71) | 33 (28) | 101 (87) | 28 (24) |
| 450 | 77 (66) | 49 (42) | 112 (96) | 39(34) | 135 (116) | 32 (28) | 67 (58) | 43 (37) | 93 (80) | 36 (31) | 107 (92). | 29 (25) |
| 500 | 88 (76) | 54 (46) | 125 (108) | 43 (37) | 167 (144) | 33 (28) | 68 (59) | 44 (38) | 98 (84) | 38 (33) | 117 (101) | 32 (28) |
| 600 | 98 (84) | 58 (50) | 140 (121) | 45(39) | 171 (147) | 35 (30) | 79 (68) | 50 (43) | 109 (94) | 41 (35) | 132 (114) | 34 (29) |
| 700 | 107 (92) | 63 (54) | 163 (140) | 47 (40) | 185 (159) | 38 (33) | 89(77) | 55 (47) | 126 (108) | 43 (37) | 151 (130) | 37 (32) |
| 800 | 130 (112) | 72 (62) | 181 (156) | 48 (41) | 213 (183) | 42 (36) | 100(86) | 60 (52) | 140 (121) | 45 (39) | 163 (140) | 40 (34) |
| 910 | 138 (119) | 75 (65) | 190 (164) | 57 (49) | 234 (201) | 44 (38) | 106 (91) | 66 (57) | 151 (130) | 54 (46) | 186 (160) | 43 (37) |
| 1000 | 152(131) | 78 (67) | 199 (171) | 59 (51) | 249 (214) | 49 (42) | 117(101) | 71 (61) | 158 (136) | 57 (49) | 192 (165) | 47 (40) |
| 1200 | 185(159) | 86 (74) | 257 (221) | 66 (57) | 300 (258) | 54 (46) | 144 (124) | 79 (68) | 185 (159) | 64 (55) | 229 (197) | 52 (45) |
| 1400 | 204 (176) | 90 (77) | 284 (245) | 69 (59) | 322 (277) | 58 (50) | 152 (131) | 82 (71) | 210 (181) | 68 (59) | 252 (217) | 56 (48) |

Нормы плотности потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке водяных  тепловых сетей, Вт/м [ккал/ (м2× ч)]

Таблица 7

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условный проход  | При числе часов работы в год5000 и менее | При числе часов работы в годболее 5000 |
| трубопровода, мм | Трубопровод |
|   | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный | подающий | обратный |
|   | Среднегодовая температура теплоносителя, °С |
|   | 65 | 50 | 90 | 50 | 65 | 50 | 90 | 50 |
| 25 | 36 (31) | 27 (23) | 48 (41) | 26 (22) | 33 (28) | 25 (22) | 44 (38) | 24 (21) |
| 50 | 44 (38) | 34 (29) | 60 (52) | 32 (28) | 40 (34) | 31 (27) | 54 (46) | 29 (25) |
| 65 | 50 (43) | 38 (33) | 67 (58) | 36 (31) | 45 (39) | 34 (29) | 60 (52) | 33 (28) |
| 80 | 51 (44) | 39 (34) | 69 (59) | 37 (32) | 46 (40) | 35 (30) | 61 (53) | 34 (29) |
| 100 | 55 (47) | 42 (36) | 74 (64) | 40 (34) | 49 (42) | 38 (33) | 65 (56) | 35 (30) |
| 125 | 61 (53) | 46 (40) | 81 (70) | 44 (38) | 53 (46) | 41 (35) | 72 (62) | 39 (34) |
| 150 | 69 (59) | 52 (45) | 91 (78) | 49 (42) | 60 (52) | 46 (40) | 80 (69) | 43 (37) |
| 200 | 77 (66) | 59 (51) | 101 (87) | 54 (46) | 66 (57) | 50 (43) | 89 (77) | 48 (41) |
| 250 | 83 (71) | 63 (54) | 111 (96) | 59 (51) | 72 (62) | 55 (47) | 96 (83) | 51 (44) |
| 300 | 91 (78) | 69 (59) | 122 (105) | 64 (55) | 79 (68) | 59 (51) | 105 (90). | 56 (48) |
| 350 | 101 (87) | 75 (65). | 133 (115) | 69 (59) | 86 (74) | 65 (56) | 113 (97) | 60 (52) |
| 400 | 108 (93) | 80 (69) | 140 (121) | 73 (63) | 91 (78) | 68 (59) | 121 (104) | 63 (54) |
| 450 | 116 (100) | 86 (74) | 151 (130) | 78 (67) | 97 (84) | 72 (62) | 129 (111) | 67 (58) |
| 500 | 123 (106) | 91 (78) | 163 (140) | 83 (71) | 105 (90) | 78 (67) | 138 (119) | 72 (62) |
| 600 | 140 (121) | 103 (89) | 186 (160) | 94 (81) | 117 (101) | 87 (75) | 156 (134) | 80 (69) |
| 700 | 156 (134) | 112 (96) | 203 (175) | 100 (86) | 126 (108) | 93 (80) | 170 (146) | 86 (74) |
| 800 | 169(146) | 122 (105) | 226 (195) | 109 (94) | 140 (121) | 102 (88) | 186 (160) | 93 (80) |

Нормы плотности теплового потока через изолированную поверхность трубопроводов при расположении на открытом воздухе, Вт/м [ккал / (м2×ч)]

Таблица 8

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условный проход | При числе часов работы в годболее 5000 | При числе часов работы в год 5000 и массе |
| трубопровода, | Средняя температура теплоносителя, °С |
| мм | 50 | 100 | 150 | 50 | 100 | 150 |
|   | Нормы линейной плотности теплового потока, Вт/м [ккал / (м2×ч)] |
| 15 | 10 (9) | 20 (17) | 30 (26) | 11 (10) | 22 (19) | 34 (29) |
| 20 | 11 (10) | 22 (19) | 34 (29) | 13 (11) | 25 (22) | 38 (33) |
| 25 | 13 (11) | 25 (22) | 37 (32) | 15 (13) | 28 (24) | 42 (36) |
| 40 | 15 (13) | 29 (25) | 44 (38) | 18 (15) | 33 (28) | 49(42) |
| 50 | 17 (15) | 31 (27) | 47 (40) | 19 (16) | 36 (31) | 53 (46) |
| 65 | 19 (16) | 36 (31) | 54 (46) | 23 (20) | 41 (35) | 61 (53) |
| 80 | 21 (18) | 39 (34) | 58 (50) | 25 (22) | 45 (39) | 66 (57) |
| 100 | 24 (21) | 43 (37) | 64 (55) | 28 (24) | 50 (43) | 73 (63) |
| 125 | 27 (23) | 49 (42) | 70 (60) | 32 (28) | 55 (48) | 81 (70) |
| 150 | 30 (26) | 54 (46) | 77 (66) | 35 (30) | 63 (54) | 89 (77) |
| 200 | 37 (32) | 65 (56) | 93 (80) | 44 (38) | 77 (66) | 109 (94) |
| 250 | 43 (37) | 75 (65) | 106 (91) | 51 (44) | 88 (76) | 125 (108) |
| 300 | 49 (42) | 84 (72) | 118 (102) | 59 (51) | 101 (87) | 140 (121) |
| 350 | 55 (47) | 93 (80) | 131 (113) | 66 (57) | 112 (96) | 155 (133) |
| 400 | 61 (53) | 102 (88) | 142 (122) | 73 (63) | 122 (105) | 170 (146) |
| 450 | 65 (56) | 109 (94) | 152 (131) | 80 (69) | 132 (114) | 182 (157) |
| 500 | 71 (61) | 119 (102) | 166 (143) | 88 (76) | 143 (123) | 197 (170) |
| 600 | 82 (71) | 130 (117) | 188 (162) | 100 (86) | 165 (142) | 225 (194) |
| 700 | 92 (79) | 151 (130) | 209 (180) | 114 (98) | 184 (158) | 250 (215) |
| 800 | 103 (89) | 167 (144) | 213 (183) | 128 (110) | 205 (177) | 278 (239) |
| 900 | 113 (97) | 184 (158) | 253 (218) | 141 (121) | 226 (195) | 306 (263) |
| 1000 | 124 (107) | 201 (173) | 275 (237) | 155 (133) | 247 (213) | 333 (287) |
| Криволинейные поверхности диаметромболее 1020 мм |  Нормы поверхностной плотности теплового потока, Вт/м2 [ккал / (м2×ч)] |
| и плоские | 35 (30) | 54 (46) | 70(60) | 44(38) | 71 (61) | 88 (76) |
|   |   |   |   |   |   |   |   |

Нормы тепловых потерь паропроводами в непроходимых каналах с расчетной среднегодовой температурой грунта +5°С на глубине заложения трубопроводов, Дж /(м×с) [ккал/(м×ч)]

Таблица 9

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Подающая магистраль | Обратная магистраль | Суммарные потери тепла при двухтрубной прокладке qп + q0 | Пар τ=2000С qп | Суммарные потери тепла при двухтрубной прокладке qп + q0 | Пар τ=2500С qп | Суммарные потери тепла при двухтрубной прокладке qп + q0 | Подающая магистраль | Обратная магистраль | Суммарные потери тепла при двухтрубной прокладке qп + q0 |
| Пар τ=1500С | Конденсат τ=700С | Пар τ=3000С | Конденсат τ=1200С |
| Наружный диаметр d, мм | qп | d, мм | q0 | Наружный диаметр d, мм | qп | d, мм | q0 |
| 32 | 56,8 (49) | 25 | 24,3 (21) | 81,2 (70) | 70,7 (61) | 95,1 (82) | 84,7 (73) | 113,7 (98) | 108 | 150,8 (130) | 57 | 59,1 (51) | 209,9 (181) |
| 57 | 70,8 (61) | 32 | 31,3 (27) | 102,1 (88) | 87,0 (75) | 118,3 (102) | 103,2 (89) | 134,5(116) | 159 | 178,6 (154) | 76 | 67,3 (58) | 245,9 (212) |
| 76 | 78,9 (68) | 57 | 38,3 (33) | 117,1 (101) | 97,4 (84) | 135,7 (117) | 114,8 (99) | 153,1 (132) | 219 | 212,3 (183) | 108 | 77,7 (67) | 290,0 (256) |
| 89 | 84,7 (73) | 57 | 38,3 (33) | 122,9 (106) | 104,4 (90) | 142,7 (123) | 121,8 (105) | 160,1 (138) | 273 | 238,9 (206) | 108 | 77,7 (67) | 316,7 (273) |
| 108 | 92,8 (80) | 57 | 38,3 (33) | 131,1 (113) | 113,7 (98) | 151,9 (131) | 133,4 (115) | 171,7 (148) | 325 | 264,3 (227) | 159 | 93,9 (81) | 357,3 (308) |
| 159 | 111,4 (96) | 89 | 47,5 (41) | 158,9 (137) | 134,5 (116)  | 182,1 (157) | 157,7 (136) | 205,3 (177) | 377 | 283 (244) | 159 | 93,9 (81) | 377,0 (325) |
| 219 | 133; (115) | 108 | 52,2 (45) | 185,6 (160) | 161,2 (139) | 213,4 (184) | 197,2 (170) | 249,4 (215) | 426 | 301, 6(260) | 219 | 118,7 (98) | 415,8 (358) |
| 273 | 151,9 (131) | 108 | 52,2 (45) | 204,1 (176) | 183,3 (158) | 235,4 (203) | 211,1 (182) | 263,3 (227) | 478 | 321,3 (277) | 219 | 113.7 (98) | 435 (375) |
| 325 | 169,3 (146) | 108 | 52,2 (45) | 221.5 (191) | 203,0 (175) | 255,2 (220) | 234,3 (202) | 286,5 (247) | 529 | 342,2 (295) | 273 | 127,6 (110) | 469,8 (405) |
| 377 | 183,3 (158) | 159 | 63,8 (55) | 247,1 (213) | 218,1 (188) | 281,9 (243) | 251,7 (217) | 315,5 (272) | 680 | 385,1 (332) | 273 | 127,6 (110) | 512,7 (442) |
| 426 | 211,1 (182) | 159 | 63,8 (55) | 274,9 (237) | 234,3 (202) | 321,9 (277) | 270,3 (233) | 334,1 (288) | 720 | 417,6 (360) | 325 | 143,8 (124) | 561,4 (484) |
| 478 | 213,4 (184) | 219 | 77,7 (67) | 291,1 (251) | 251,7 (217) | 329,4 (284) | 291,1 (251) | 368,9 (318) |   |   |   |   |   |
| 529 | 230,8 (199) | 219 | 77,7 (67) | 308,5 (266) | 262,1 (226) | 339,9 (293) | 313,2 (270) | 390,9 (337) |   |   |   |   |   |
| 630 | 258,7 (223) | 273 | 89,3 (77) |  348 (300) | 3 3,9 (262) | 393,2 (339) | 350,3 9302) | 439,6 (379) |   |   |   |   |   |
| 720 | 277,2 (239) | 325 | 96,3 (83) | 373,5 (322) | 332,9 (287) | 429.2 (370) | 378,1 (326) | 474,4 (409) |   |   |   |   |   |

Нормы потерь тепла одним изолированным паропроводом при надземной прокладке с расчетной среднегодовой температурой наружного воздуха +5°С, Дж /(м×с) [ккал/(м×ч)]

Таблица 10

|  |  |
| --- | --- |
| Наружный диаметр труб, мм | Температура теплоносителя, 0С |
| 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| Потери тепла, Дж/(м×с) (ккал/(м×ч)) |
| 32 | 53,3 (46) | 71,9 (62) | 89,3 (77) | 107,9 (93) | 125,3 (108) | 143,8 (124) |
| 57 | 67,3 (58) | 90,5 (78) | 111,3 (96) | 133,4 (115) | 155,4 (134) | 177,5 (153) |
| 76 | 76,5 (66) | 99,7 (86) | 125,3 (108) | 148,5 (128) | 171,7 (148) | 197,2 (170) |
| 89 | 82,3 (71) | 107,9 (93) | 132,2 (114) | 157,7 (136) | 183,3 (158) | 208,8 (180) |
| 108 | 89,3 (77) | 117,1 (101) | 145,0 (125) | 171,7 (148) | 199,5 (172) | 226,2 (195) |
| 159 | 109,0 (94) | 139,2 (120) | 171,7 (148) | 203,0 (175) | 237,8 (205) | 266,8 (230) |
| 194 | 119,5 (103) | 150,8 (130) | 187,9 (162) | 222,7 (192) | 258,7 (223) | 290,0 (250) |
| 219 | 127,6 (110) | 162,4 (140) | 203,0 (175) | 241,3 (208) | 278,4 (240) | 313,2 (270) |
| 273 | 145,0 (125) | 185,6 (160) | 229,2 (198) | 270,3 (233) | 310,9 (268) | 353,8 (305) |
| 325 | 162,4 (140) | 208,8 (180) | 255,2 (220) | 301,6 (260) | 348,0 (300) | 394,4 (340) |
| 377 | 180,9 (156) | 230,8 (199) | 278,0 (240) | 328,3 (283) | 378,1 (326) | 429,2 (370) |
| 426 | 200,7 (173) | 252,9 (218) | 301,6 (260) | 354,9 (306) | 408,3 (352) | 461,7 (398) |
| 478 | 214,6 (185) | 272,6 (235) | 324,8 (280) | 382,8 (330) | 435,0 (375) | 487,2 (420) |
| 529 | 227,3 (196) | 284,2 (245) | 348,0 (300) | 406,0 (350) | 464,0 (400) | 522,0 (450) |
| 630 | 252,9 (218) | 319,0 (275) | 382,8 (330) | 446,6 (385) | 510,4 (440) | 580,0 (500) |
| 720 | 276,1 (238) | 344,5 (297) | 415,3 (358) | 487,2 (420) | 556,8 (480) | 628,7 (542) |
| 820 | 308,5 (266) | 382,8 (330) | 461,7 (398) | 538,2 (464) | 620,6 (535) | 696,0 (600) |
| 920 | 343,3 (296) | 510,4 (370) | 510,4 (440) | 697,4 (515) | 678,6 (585) | 759,8 (655) |
| 1020 | 382,2 (336) | 562,6 (407) | 562,6 (485) | 655,4 (565) | 742,4 (640) | 835,2 (720) |
| 1420 | 498,8 (430) | 730,8 (532) | 730,8 (630) | 858,4 (740) | 974,4 (840) | 1090,4 (940) |