



**МИНИСТЕРСТВО
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(МИНСТРОЙ РОССИИ)

ПРИКАЗ

от «5» июля 2023г.

№ 326/пр

Москва

**Об утверждении свода правил «Теплонасосные системы теплоснабжения.
Правила проектирования»**

В соответствии с Правилами разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624, подпунктом 5.2.9 пункта 5 Положения о Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1038, пунктом 59 Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных сводов правил на 2022 г., утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 8 декабря 2021 г. № 909/пр (в редакции приказов Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 28 марта 2022 г. № 199/пр, от 1 апреля 2022 г. № 235/пр, от 15 апреля 2022 г. № 289/пр, от 7 июля 2022 г. № 553/пр, от 20 сентября 2022 г. № 770/пр), **п р и к а з ы в а ю:**

1. Утвердить и ввести в действие через 1 месяц со дня издания настоящего приказа прилагаемый свод правил «Теплонасосные системы теплоснабжения. Правила проектирования».

2. Департаменту градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации:

а) в течение 15 дней со дня издания приказа направить утвержденный свод правил «Теплонасосные системы теплоснабжения. Правила проектирования» на регистрацию в федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации;

б) обеспечить опубликование на официальном сайте Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» текста утвержденного свода правил «Теплонасосные системы теплохладоснабжения. Правила проектирования» в электронно-цифровой форме в течение 10 дней со дня регистрации свода правил федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации.

Министр



И.Э. Файзуллин

УТВЕРЖДЕН
приказом Министерства строительства и
жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации
от « 5 » мая 2023 г. № 326 /чр

**ТЕПЛОНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ.
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Москва 2023

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

СВОД ПРАВИЛ

СП 525.1325800.2023

**ТЕПЛОНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ
Правила проектирования**

Издание официальное

Москва 2023

Предисловие

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛЬ – ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 мая 2023 г. № 326/пр и введен в действие с 6 июня 2023 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети Интернет

© Минстрой России, 2023

Настоящий свод правил не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России

Содержание

1	Область применения	
2	Нормативные ссылки	
3	Термины, определения и сокращения	
4	Общие положения	
5	Структура и состав теплонасосной системы	
6	Источники низкопотенциальной теплоты	
6.1	Общие правила	
6.2	Использование теплоты грунта	
6.3	Использование теплоты природных водоемов и водных источников	
6.4	Использование теплоты атмосферного воздуха	
6.5	Использование теплоты вентиляционных выбросов	
6.6	Использование теплоты сточных вод	
7	Выбор конфигурации системы	
8	Теплонасосная система теплохладоснабжения	
8.1	Общие требования	
8.2	Теплоснабжение	
8.3	Горячее водоснабжение	
8.4	Холодоснабжение	
9	Теплонасосные системы метрополитенов	
10	Показатели эффективности	
11	Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям	
12	Электроснабжение и автоматизация теплонасосных систем	
12.1	Электроснабжение	
12.2	Автоматизация	
13	Требования безопасности	
14	Дополнительные требования к проектированию теплонасосных систем теплохладоснабжения в особых природных и климатических условиях строительства	
14.1	Общие требования	
14.2	Районы с сейсмичностью 8 баллов и более	
14.3	Районы многолетнемерзлых грунтов	
14.4	Подрабатываемые территории	
14.5	Просадочные, засоленные и набухающие грунты	
	Приложение А Диаграммы определения конфигурации теплонасосных систем теплохладоснабжения	
	Приложение Б Алгоритм выбора основного оборудования теплонасосных систем теплохладоснабжения	
	Приложение В Методика расчета параметров теплонасосной системы	

Приложение Г	Порядок выполнения технико-экономического обоснования применения теплонасосных систем теплохладоснабжения.....
Приложение Д	Испытания термоскважин на герметичность
Приложение Е	Районирование территории Российской Федерации по эффективности теплонасосных систем
Приложение Ж	Примеры расчета параметров теплонасосной системы
Библиография

Введение

Настоящий свод правил разработан в целях обеспечения требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» с учетом требований Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» в части ресурсосбережения, повышения энергетической эффективности и использования возобновляемых источников энергии и вторичных энергетических ресурсов в качестве источников низкопотенциального тепла.

Свод правил разработан авторским коллективом ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» (д-р техн. наук *Г.П. Васильев, В.Ф. Горнов*, д-р техн. наук *А.Н. Дмитриев, И.М. Абуев, А.В. Виноградов, Н.Д. Евстратова, М.В. Колесова, И.И. Кужелев, В.А. Лесков, П.В. Шапкин*).

С В О Д П Р А В И Л

**ТЕПЛОНАСОСНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ.
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**Heat pump systems of heat and cold supply. Design rules

Дата введения – 2023–06–06

1 Область применения

1.1 Настоящий свод правил устанавливает правила проектирования и распространяется на теплонасосные системы теплохладоснабжения, обеспечивающие тепло- и холодоснабжение внутренних систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, технологического холода вновь возводимых, реконструируемых, модернизируемых или капитально ремонтируемых зданий и сооружений, а также при ремонтно-восстановительных работах.

1.2 Настоящий свод правил устанавливает правила проектирования теплонасосных систем на базе тепловых насосов парокомпрессионного типа с электрическим приводом.

1.3 Настоящий свод правил не распространяется на теплонасосные системы теплохладоснабжения:

а) защитных сооружений гражданской обороны; сооружений, предназначенных для работ с радиоактивными веществами, источниками ионизирующих излучений;

объектов подземных горных работ и помещений, в которых производят, хранят или применяют взрывчатые вещества;

б) специальных нагревающих, охлаждающих и обеспыливающих установок и устройств для технологического и электротехнического оборудования;

установок и устройств аспирации, пневмотранспорта и пылегазоудаления от технологического оборудования и пылесосных установок.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.602–2016 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 18599–2001 Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия

ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 28084–89 Жидкости охлаждающие низкотемпературные. Общие технические условия

ГОСТ 30494–2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях

ГОСТ 31384–2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования

ГОСТ 32415–2013 Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия

ГОСТ 33341–2015 Составы низкотемпературные всепогодные и жидкости охлаждающие для теплообменных систем. Технические условия

ГОСТ 33662.3–2017 (ISO 5149-3:2014) Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 3. Место установки

ГОСТ EN 378-1–2014 Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора

ГОСТ EN 378-3–2014 Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 3. Размещение оборудования и защита персонала

ГОСТ Р 50571.4.41–2022/МЭК 60364-4-41:2017 Электроустановки низковольтные. Часть 4-41. Защита для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током

ГОСТ Р 50571.5.54–2013/МЭК 60364-5-54:2011 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов

ГОСТ Р 54539–2011 Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости и тепловые насосы с компрессорами с электроприводом для обогрева и охлаждения помещений. Методы испытаний функциональных характеристик

ГОСТ Р 54865–2011 Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с тепловыми насосами

ГОСТ Р 54964–2012 Оценка соответствия. Экологические требования к объектам недвижимости

ГОСТ Р 58882–2020 Заземляющие устройства. Системы уравнивания потенциалов. Заземлители. Заземляющие проводники. Технические требования

ГОСТ Р 59510–2021 Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Монтаж и пусковая наладка теплонасосных систем теплоснабжения зданий. Правила и контроль выполнения работ

ГОСТ Р ЕН 15459–2013 Энергоэффективность зданий. Методика экономической оценки энергетических систем в зданиях

СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности (с изменениями № 1, № 2)

СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с изменением № 1)

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия» (с изменениями № 1, № 2, № 3, № 4)

СП 25.13330.2020 «СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» (с изменением № 1)

СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 30.13330.2020 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий» (с изменениями № 1, № 2)

СП 31.13330.2021 «СНиП 2.04.02-84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»

СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения» (с изменениями № 1, № 2)

СП 45.13330.2017 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 47.13330.2016 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» (с изменением № 1)

СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» (с изменениями № 1, № 2)

СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03-2003 Защита от шума» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (с изменением № 1)

СП 61.13330.2012 «СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (с изменением № 1)

СП 120.13330.2022 «СНиП 32-02-2003 Метрополитены»

СП 124.13330.2012 «СНиП 41-02-2003 Тепловые сети» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 131.13330.2020 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» (с изменением № 1)

СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (с изменениями № 1, № 2, № 3, № 4, № 5)

СП 510.1325800.2022 Тепловые пункты и системы внутреннего теплоснабжения

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем своде правил применены термины по [1], [2], ГОСТ Р 59510, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 бивалентная конфигурация ТСТ: Конфигурация теплонасосной системы, при которой тепловые насосы устанавливаются на частичную тепловую нагрузку объекта, а полную нагрузку обеспечивают с применением вспомогательного источника тепла.

3.1.2 буферный бак: Емкость в составе гидравлической системы объемом (с учетом внутреннего объема оборудования и трубопроводов), обеспечивающая включение и выключение компрессора теплового насоса или иного теплового или холодильного оборудования не более разрешенного изготовителем такого оборудования количества раз в заданный временной интервал.

3.1.3 вспомогательный источник тепла: Источник тепловой энергии на базе традиционной (электрические, газовые, угольные котлы, котлы, работающие на нефтепродуктах, сеть централизованного теплоснабжения) технологии или технологии на основе ВИЭ (геотермальные источники, котлы на биомассе и биогазе, электрические нагреватели, получающие энергию от ветра, солнца, малых водных потоков, приливов, волн, а также иные источники), обеспечивающий в составе ТСТ покрытие расчетных нагрузок теплоснабжения при понижении температуры наружного воздуха ниже температуры бивалентности.

3.1.4 оголовок: Верхняя часть вертикального грунтового теплообменника, обеспечивающая подключение к трубопроводам циркуляции теплоносителя.

3.1.5 полный эквивалентный вклад в парниковый эффект: Показатель оценки парникового эффекта путем сочетания прямого вклада от выбросов хладагентов в атмосферу и косвенного вклада от выбросов

углекислого и других газов, образующихся при выработке энергии, необходимой для работы теплонасосной системы в течение всего срока ее эксплуатации.

3.1.6 моновалентная схема ТСТ: Конфигурация теплонасосной системы, при которой тепловые насосы устанавливаются на полную тепловую нагрузку объекта.

3.1.7 пассивное холодоснабжение: Комплекс решений, обеспечивающий охлаждение за счет отвода избытков тепла в окружающую среду (в атмосферный воздух, грунт, природные водоемы и источники воды) без использования холодильного (теплонасосного) оборудования.

3.1.8

«серые» стоки: Канализационные стоки, образующиеся после купания, мытья посуды и стирки.

[ГОСТ Р 54964–2012, пункт 3.35]

3.1.9 температура бивалентности: Значение температуры наружного воздуха, при котором производится включение вспомогательного источника тепла.

3.1.10 термоскважина: Часть системы инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений (теплонасосной системы теплохладоснабжения) – грунтовый теплообменник, расположенный вертикально или наклонно.

3.2 Сокращения

В настоящем своде правил применены следующие сокращения:

ВИЭ – возобновляемые источники энергии;

ВЭР – вторичные энергетические ресурсы;

ГВС – горячее водоснабжение;

ИТП – индивидуальный тепловой пункт;

КПД – коэффициент полезного действия;

МКД – многоквартирный дом;

ССНТ – система сбора низкопотенциальной теплоты;

ТПП – тягово-понижительная подстанция;

ТСТ – теплонасосная система теплохладоснабжения;

ТТП – теплонасосный тепловой пункт;

ЧДД – чистый дисконтированный доход.

4 Общие положения

4.1 Теплонасосные системы теплохладоснабжения используют низкопотенциальную теплоту вторичных энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии, а также сбросную теплоту производственных процессов.

4.2 Применение ТСТ для теплоснабжения и холодоснабжения следует предусматривать в случаях:

- использования электрической энергии для теплоснабжения;
- превышения нагрузкой холодоснабжения значения, равного 0,5 нагрузки теплоснабжения.

При соответствующем технико-экономическом обосновании ТСТ предусматривают в случаях:

- наличия избыточной или сбрасываемой в окружающую среду теплоты;
- теплоснабжения от автономных источников теплоснабжения.

4.3 Оборудование и материалы, используемые при проектировании ТСТ, должны соответствовать законодательству Российской Федерации, техническим регламентам и национальным стандартам.

4.4 Применяемое теплонасосное оборудование должно по показателям эффективности соответствовать требованиям СП 60.13330.2020 (таблица 6.1) и [7].

Внутренние системы теплоснабжения объекта следует проектировать на температурные режимы теплоносителя, обеспечивающие безопасную эксплуатацию систем теплоснабжения. Максимальная температура нагрева теплоносителя в тепловом насосе при этом должна быть не выше 70 °С.

В случае использования в качестве рабочего тела неорганических соединений в соответствии с ГОСТ EN 378-1–2014 (таблица Е.1) максимальная температура нагрева теплоносителя в тепловом насосе должна быть не выше 90 °С, для объектов производственного и складского назначения допускается увеличение температуры теплоносителя, но не более значений, указанных в СП 60.13330.2020 (таблица Б.1).

4.5 Применение ТСТ следует предусматривать в целях снижения углеродного следа зданий и сооружений.

4.6 Вычисление полного эквивалентного вклада ТСТ в парниковый эффект следует выполнять в соответствии с ГОСТ EN 378-1–2014 (приложение В).

5 Структура и состав теплонасосной системы

5.1 Состав теплонасосной системы определяют в соответствии с ГОСТ Р 54865 и ГОСТ Р 59510. В состав ТСТ входят:

- система сбора низкопотенциальной теплоты;
- теплонасосный тепловой пункт.

5.2 Система сбора низкопотенциальной теплоты может использовать теплоту, получаемую от одного или нескольких источников.

В качестве источников низкопотенциальной теплоты следует использовать следующие ВЭР:

- вентиляционный воздух;
- сточные воды;
- внутренние тепловые избытки помещений;
- технологические производственные процессы, а также ВИЭ;
- грунтовый массив;

- атмосферный воздух;
- вода природных водоемов и источников, в том числе подземных.

5.3 В состав системы сбора низкопотенциальной теплоты включают:

- устройства сбора низкопотенциальной теплоты (теплообменники-утилизаторы теплоты вентиляционных выбросов, атмосферного воздуха, сточных вод, природных водоемов и источников, технологических процессов, охладители внутреннего воздуха, грунтовые теплообменники, устройства водозабора и водосброса);
- буферный бак;
- бак-аккумулятор низкопотенциальной теплоты;
- циркуляционные насосы;
- трубопроводы и трубопроводную запорную и регулирующую арматуру;
- расширительные баки;
- электрооборудование, средства контроля и автоматизации.

5.4 В состав теплонасосного теплового пункта включают:

- тепловые насосы;
- циркуляционные насосы;
- буферный бак системы теплоснабжения;
- бак-аккумулятор горячей воды;
- буферный бак системы холодоснабжения;
- вспомогательный источник тепла системы отопления и вентиляции;
- вспомогательный источник тепла ГВС;
- теплообменники, трубопроводы и трубопроводную запорную и регулирующую арматуру;
- электрооборудование, средства контроля и автоматизации.

5.5 Границы ТСТ со стороны систем-потребителей тепла и холода – коллекторы подачи и возврата теплоносителя систем отопления, вентиляции, ГВС, холодоснабжения, технологических процессов.

Система сбора низкопотенциальной теплоты входит в состав ТСТ полностью, за исключением теплообменников-утилизаторов вентиляционных выбросов, устанавливаемых в составе вытяжных вентиляционных агрегатов.

6 Источники низкопотенциальной теплоты

6.1 Общие правила

6.1.1 При проектировании источников низкопотенциальной теплоты следует руководствоваться ГОСТ Р 59510, СП 30.13330, СП 31.13330, СП 60.13330, СП 131.13330.

6.1.2 Циркуляционные насосы контура теплоносителя ССНТ устанавливают в ТТП. Следует применять насосное оборудование с индексом энергетической эффективности ЕЕИ не более 0,23 в соответствии с [7, приложение 11].

6.1.3 Расход циркулирующего в контуре ССНТ теплоносителя определяют в соответствии с перепадом температур на входе и выходе теплового насоса, согласно документации на оборудование.

6.1.4 В замкнутых контурах ССНТ следует устанавливать расширительные баки для компенсации теплового расширения теплоносителя и предусматривать предохранительные клапаны с отводом сбросного патрубка в емкость для теплоносителя. При использовании воды в качестве теплоносителя допускается отвод сбросного патрубка в систему канализации.

Расчет емкости расширительного бака выполняют в соответствии с СП 510.1325800.

6.1.5 Ввод подземных трубопроводов ССНТ в здание следует осуществлять согласно ГОСТ Р 59510 с использованием составов, обеспечивающих герметичность при минимальных достижимых температурах в процессе эксплуатации, в том числе отрицательных.

6.1.6 Трубопроводы ССНТ, находящиеся внутри помещений, следует проектировать в соответствии с требованиями СП 60.13330.2020 (раздел 14).

Трассы трубопроводов, находящихся за пределами здания или сооружения, следует проектировать в соответствии с СП 124.13330.2012 (раздел 9) и настоящим сводом правил.

6.1.7 В составе ССНТ с полимерными трубами следует применять соединительные детали и фитинги одного изготовителя.

Сварное соединение полимерных труб и фасонных элементов из разнородных материалов не допускается.

6.1.8 Трубопроводы из полимерных материалов должны быть защищены от воздействия ультрафиолета.

6.1.9 В качестве теплоносителя ССНТ, в которых в силу воздействия факторов внешней среды или в процессе эксплуатации может происходить снижение температуры теплоносителя ниже 0 °С, следует использовать незамерзающие жидкости (антифризы).

В качестве теплоносителя ССНТ сточных вод следует использовать воду.

Применяемые антифризы должны соответствовать СП 60.13330.2020 (пункты 6.1.12, 8.2) и санитарно-гигиеническим требованиям.

6.1.10 При использовании незамерзающей жидкости в качестве теплоносителя следует предусматривать установку бака для заполнения, подпитки либо опорожнения системы или ее отдельных частей (оборудования, трубопроводов), разделенных запорной арматурой, при запуске, регламентных и ремонтных работах, аварии, для плановой замены и утилизации теплоносителя. Объем бака должен быть не менее максимального объема раствора незамерзающей жидкости, сливаемой из каждой части системы. Слив отработанного антифриза в хозяйственно-бытовую или дождевую канализацию не допускается.

Заполнение и подпитка водой гидравлических контуров ССНТ, в которых используют незамерзающую жидкость, не допускается. Заполнение и подпитку следует предусматривать только незамерзающей жидкостью концентрацией, обеспечивающей выполнение требований 6.2.17.

Заполнение и подпитку гидравлических контуров ССНТ, в которых в качестве теплоносителя используют воду, предусматривают в соответствии с 8.1.13.

6.1.11 Трубопроводы ССНТ, за исключением теплообменных поверхностей грунтовых теплообменников, следует теплоизолировать из условий невыпадения конденсата в соответствии с СП 61.13330.

6.1.12 При использовании нескольких источников низкопотенциальной теплоты более высокотемпературные источники следует подключать ближе ко входу в тепловой насос.

6.1.13 Устройство ССНТ технологических производственных процессов осуществляют в соответствии с типом и особенностями среды, сбросная теплота которой подлежит утилизации. Устройства утилизации не должны нарушать технологический производственный процесс или негативно влиять на него.

6.2 Использование теплоты грунта

6.2.1 Использование теплоты грунта следует осуществлять с помощью грунтовых теплообменников горизонтального, вертикального или наклонного типа различных конструктивных исполнений.

6.2.2 Грунтовые теплообменники следует выполнять из труб, изготовленных из полиэтилена низкого давления, сшитого полиэтилена или полиэтилена повышенной термостойкости по ГОСТ 18599, либо металлических труб.

Допускается применение грунтовых теплообменников, совмещенных с конструктивными элементами здания или сооружения (термосваи, оболочки тоннелей и основания, имеющие контакт с грунтом, в которых размещают трубы теплообменника), при обеспечении требуемых прочности, надежности и долговечности, подтвержденных соответствующими расчетами.

При выборе материала для изготовления грунтовых теплообменников следует учитывать степень агрессивности грунтов к бетону в соответствии с ГОСТ 31384 и коррозионную активность грунтов по отношению к металлам в соответствии с ГОСТ 9.602, определяемые по результатам инженерно-геологических изысканий. Коррозионная стойкость металлических грунтовых теплообменников должна быть подтверждена соответствующими расчетами, обеспечивающими отсутствие сквозной коррозии за срок службы оборудования.

Материалы, из которых изготавливают грунтовые теплообменники, должны быть предназначены для работы при расчетных температурах эксплуатации.

Термоскважины из полиэтилена низкого давления должны обеспечивать герметичность при давлении и в условиях, указанных в таблице Д.1.

6.2.3 Грунтовые теплообменники следует выполнять исключая соединения, не являющиеся конструктивно необходимыми.

Конструкцию термоскважин из полимерных материалов следует выполнять из цельковых труб без стыков и соединений по всей длине термоскважины (за исключением коаксиальных конструкций). Соединения допускаются только для присоединения оконечника, располагаемого в нижней части термоскважины, и оголовка, располагаемого вверху.

Использование в конструкции грунтовых теплообменников разъемных соединений не допускается.

6.2.4 Грунтовые теплообменники горизонтального типа следует укладывать в траншеи или котлованы бесканальным способом, а теплообменники вертикального или наклонного типа (термоскважины) устанавливать в буровые скважины.

Допускается бестраншейная прокладка горизонтальных грунтовых теплообменников методом горизонтального направленного бурения. При этом зазор между внутренней поверхностью бурового канала и наружной поверхностью грунтового теплообменника должен быть заполнен теплопроводным тампонажным раствором с учетом 6.2.6 и обеспечен плотный контакт грунта и грунтового теплообменника.

6.2.5 Предусматривать погружение теплообменников в грунт методом забивания не допускается, за исключением теплообменников, совмещенных с конструктивными элементами здания или сооружения, специально предназначенных для такого способа установки.

6.2.6 Заполнение пространства между вертикальным или наклонным грунтовым теплообменником и стенками буровой скважины предусматривают теплопроводным морозостойким тампонажным раствором из смеси бентонита и шлакопортландцемента с водой. Допускается добавление в смесь кварцевого песка или перемолотого кварцевого песка.

В случаях пористых, проницаемых, нестабильных грунтов варианты заполнения выбирают в соответствии с применяемой технологией бурения и монтажа грунтового теплообменника.

6.2.7 При проектировании грунтовых теплообменников и разработке проекта производства работ по их сооружению не допускается:

- смешивание воды из разных подземных водоносных горизонтов;
- проникновение поверхностных вод и загрязняющих веществ в подземные водоносные горизонты;
- образование полостей и воздушных зазоров при заполнении пространства между вертикальным или наклонным грунтовым теплообменником и стенками буровой скважины теплопроводным раствором.

6.2.8 Грунтовые теплообменники следует подключать параллельно с обеспечением гидравлической устойчивости. Для обеспечения гидравлической устойчивости следует предусматривать установку приборов измерения и регулирования расхода теплоносителя, автоматических балансирующих клапанов и иные мероприятия по гидравлическому выравниванию расходов через грунтовые теплообменники.

6.2.9 На вводе труб ССНТ грунта в ТПП следует устанавливать механический фильтр.

6.2.10 Не допускается размещение грунтовых теплообменников в водоносных горизонтах, являющихся источниками централизованного водоснабжения.

Глубину размещения грунтового теплообменника следует выбирать таким образом, чтобы расстояние от его нижней точки до верхней границы водоносного горизонта, являющегося источником централизованного водоснабжения, было не менее 1 м.

6.2.11 Отметку размещения верха горизонтальных грунтовых теплообменников следует принимать не менее чем на 0,5 м ниже нормативной глубины сезонного промерзания грунта.

6.2.12 Перед проектированием грунтовых теплообменников ТСТ объектов капитального строительства, в отношении которых предусмотрено проведение экспертизы проектной документации согласно [3], необходимо провести инженерно-геологические изыскания с определением:

- геолого-литологического строения с указанием типа грунта, глубины залегания и мощности отложений;
- гидрогеологического строения с указанием отметки, глубины появления и установления грунтовых вод, даты наблюдения;
- температуры грунта в природном, невозмущенном состоянии;
- плотности грунта ненарушенной структуры;
- природной влажности грунта;
- нормативной глубины сезонного промерзания.

Изыскания следует выполнять на глубину не менее глубины размещения самой нижней части грунтового теплообменника, но не глубже выявляемого в процессе проведения изысканий водоносного горизонта – источника централизованного водоснабжения.

При наличии результатов исследований, ранее выполненных на участке строительства или прилегающих территориях и содержащих перечисленные данные в полном объеме, инженерно-геологические исследования допускается не проводить и при проектировании руководствоваться имеющимися данными с учетом сроков давности материалов в соответствии с СП 47.13330.

6.2.13 Расстояние от грунтовых теплообменников до фундаментов зданий и сооружений следует принимать не менее 5 м.

Допускается размещение грунтовых теплообменников на расстоянии менее 5 м от фундаментов, а также под зданием или сооружением при обеспечении требуемых прочности, надежности и долговечности здания, подтвержденных соответствующими расчетами.

При размещении грунтовых теплообменников на расстоянии менее 5 м от фундаментов, а также под зданием или сооружением не допускается поднятие дневной поверхности грунта и воздействие морозного пучения грунта на фундаменты и основания вследствие эксплуатации системы сбора тепла грунта.

При размещении термоскважин под основаниями зданий и сооружений во избежание морозного пучения допускается теплоизолировать части грунтовых теплообменников и трубопроводов их обвязки в пределах сжимаемой толщи согласно требованиям 6.2.20.

При использовании грунтовых теплообменников, совмещенных с конструктивными элементами здания или сооружения, отрицательные температуры теплоносителя не допускаются, кроме случаев, указанных в 6.2.28.

6.2.14 Вертикальные грунтовые теплообменники располагают с шагом не менее 5 м, а ветки горизонтальных теплообменников – с шагом не менее 0,4 м. Допускается применение меньших значений шага для горизонтальных теплообменников с нелинейным расположением труб (петлевые и спиральные теплообменники, энергетические корзины, панельные конструкции).

6.2.15 При выборе шага размещения грунтовых теплообменников выполняют оценку их взаимного теплового влияния согласно 6.2.37 и учитывают, что образующиеся вокруг грунтового теплообменника промерзающие участки грунта не должны соединяться (кроме случаев, указанных в 6.2.28).

6.2.16 Грунтовые теплообменники и подземные трубопроводы их обвязки следует располагать на расстоянии не менее 1,5 м от подземных коммуникаций водоснабжения, канализации и тепловых сетей.

В местах пересечения грунтовых теплообменников и подземных трубопроводов их обвязки с подземными коммуникациями водоснабжения, водоотведения и тепловых сетей грунтовые теплообменники и трубопроводы их обвязки следует теплоизолировать согласно 6.2.20 во избежание замораживания пересекаемых коммуникаций.

6.2.17 Температуру замерзания теплоносителя ССНТ грунта следует принимать не менее чем на 5 °С ниже минимально возможной температуры испарения хладагента, согласно выбранным режимам работы теплонасосного оборудования, но не выше минус 10 °С.

6.2.18 Горизонтальные подземные участки трубопроводов системы сбора тепла грунта, за исключением рабочей части горизонтальных грунтовых теплообменников, следует укладывать бесканально на глубине не

менее 0,5 м, обеспечив отсутствие поднятия дневной поверхности грунта за счет пучения вследствие возможного промерзания грунта.

Для предотвращения морозного пучения грунтов в местах размещения грунтовых теплообменников и подземных трубопроводов их обвязки допускается выполнение их тепловой изоляции с соблюдением требований 6.2.20.

6.2.19 При использовании наклонных термоскважин, выполняемых из одного колодца (методом кластерного бурения), следует обеспечивать отсутствие поднятия дневной поверхности грунта за счет пучения вследствие возможного промерзания грунта с учетом возрастающего взаимного теплового влияния термоскважин в прилегающей к колодцу зоне.

6.2.20 Тепловую изоляцию подземных участков трубопроводов ССНТ грунта, отдельных участков грунтовых теплообменников, следует выполнять с учетом требований 6.2.18 теплоизоляционными материалами на базе вспененных полимеров, имеющих закрытую структуру пор и не подверженных накоплению влаги, обеспечив защиту теплоизоляционного слоя от смятия.

6.2.21 Распределительные коллекторы грунтовых теплообменников следует устанавливать в ТТП или иных помещениях с обеспечением доступа для обслуживания и ремонта.

При количестве петель грунтовых теплообменников свыше восьми допускается объединять их в промежуточных коллекторных колодцах, оснащенных распределительными коллекторами и запорной арматурой.

6.2.22 В местах подключения грунтовых теплообменников к распределительным коллекторам, в том числе расположенным в коллекторных колодцах, следует предусматривать установку запорных устройств.

6.2.23 Коллекторные колодцы следует устанавливать в соответствии с ГОСТ Р 59510, не допуская их деформации, обеспечивая устойчивость и закрепление в грунте с выполнением требований соответствующих нормативных документов и конструкторской документации на изделия.

Необходимо предусматривать мероприятия по предотвращению образования конденсата в герметичных коллекторных колодцах (тепловую изоляцию коллекторов, участков грунтовых теплообменников внутри колодцев, трубопроводов, арматуры) и отвод воды из негерметичных коллекторных колодцев.

Следует избегать применения в коллекторных колодцах металлических элементов (запорной, регулирующей и иной арматуры, элементов крепления и т. п.), за исключением изготовленных из коррозионно-стойкой стали или латуни.

6.2.24 Прокладку подземных трубопроводов ССНТ грунта следует выполнять бесканальным способом с соблюдением требований СП 45.13330 и СП 124.13330.

6.2.25 Трубопроводы ССНТ грунта прокладывают с уклоном не менее 0,002 и установкой выпуска воздуха в коллекторных колодцах и ТТП.

6.2.26 При проектировании трубопроводов ССНТ грунта из полимерных материалов независимо от их протяженности допускается не применять температурные компенсаторы согласно ГОСТ Р 59510.

6.2.27 Для контроля давления в контуре ССНТ грунта необходимо предусматривать установку манометра с индикацией минимального и максимального рабочего давления.

6.2.28 Для отапливаемых зданий и сооружений с основанием на многолетнемерзлых грунтах следует использовать грунтовые теплообменники, выполняемые как в виде самостоятельных устройств, так и совмещенные со строительными конструкциями оснований (встроенные в конструкции).

При использовании в качестве основания грунтов в мерзлом состоянии (принцип I) его стабильно мерзлое состояние следует обеспечивать за счет извлечения тепловой энергии из грунта. При этом пассивное холодоснабжение от грунтовых теплообменников, совмещенных со строительными конструкциями оснований или обеспечивающих стабильность основания, равно как и иные способы повышения температуры грунта, не допускается.

6.2.29 При проведении предпроектной проработки температуру грунта в природном, невозмущенном состоянии, следует принимать:

- для горизонтальных грунтовых теплообменников – по СП 20.13330.2016 (приложение Г);
- для термоскважин – равной среднегодовому значению температуры наружного воздуха в соответствии с СП 131.13330.

6.2.30 Температура теплоносителя, подаваемого в грунтовый теплообменник в режимах нагрева или охлаждения, не должна выходить за границы предельного диапазона, устанавливаемого относительно невозмущенной температуры грунта в соответствии с таблицей 6.1.

Таблица 6.1 – Предельные температуры теплоносителя, подаваемого в грунтовые теплообменники

Тип грунтового теплообменника	Значение температуры в режиме базовой нагрузки (средненедельное значение), °С	Значение температуры в режиме пиковой нагрузки, °С
Горизонтальный	±12	±18
Вертикальный, наклонный	±11	±17

6.2.31 Расчет грунтовых теплообменников следует выполнять с использованием программного обеспечения, отвечающего требованиям 6.2.36 и 6.2.41 и позволяющего проводить прогнозное моделирование теплового поведения грунтового массива на период не менее 5 лет. При этом в расчете следует учитывать следующие факторы:

- фактическое строение грунта и теплофизические свойства слоев грунта в природном, невозмущенном состоянии – согласно результатам инженерно-геологических исследований;

- график изменения нагрузки на систему сбора тепла грунта в течение года – в соответствии с проектными режимами эксплуатации внутренних систем-потребителей тепла и холода, вырабатываемых теплонасосной системой, а также с учетом изменения производительности тепловых насосов при работе в разных режимах;

- сброс тепла в грунт – при пассивном холодоснабжении или от других источников;

- климатические характеристики района строительства – согласно СП 131.13330;

- скрытую теплоту фазовых переходов влаги в грунте – конденсация и кристаллизация при извлечении тепла, таяние и испарение при сбросе тепла в грунт и естественном восстановлении;

- теплофизические свойства используемого теплоносителя, его расход;

- конструктивные характеристики грунтовых теплообменников.

6.2.32 В качестве исходных данных для расчетов следует использовать почасовые значения климатических параметров и определенные на их основе почасовые графики изменения нагрузки на ССНТ грунта. В случае отсутствия данных по почасовым значениям климатических параметров следует использовать наиболее детальные климатические данные из представленных в СП 131.13330.

6.2.33 Теплофизические свойства грунта в природном, невозмущенном состоянии, такие как теплоемкость и теплопроводность в мерзлом и талом состояниях, следует определять по результатам инженерно-геологических исследований в соответствии с СП 25.13330.

6.2.34 При размещении термоскважин на расстоянии менее 5 м или под фундаментами и основаниями зданий и сооружений, а также при наличии требований по обеспечению надежности теплоснабжения по первой и второй категориям согласно СП 124.13330 необходимо выполнять поверочное прогнозное моделирование теплового поведения грунтового массива на период не менее 5 лет с учетом взаимного теплового влияния грунтовых теплообменников или веток горизонтального грунтового теплообменника. При проведении поверочного расчета принимают, что сброс тепла в грунт при пассивном холодоснабжении или от других источников отсутствует.

6.2.35 Если предусматривают непроницаемость для осадков (асфальтирование, укрытие навесом и т. п.) поверхности над горизонтальными грунтовыми теплообменниками в процессе эксплуатации, этот фактор должен быть учтен при проведении расчетов и моделирования.

6.2.36 В результате выполнения прогнозного моделирования теплового поведения грунтового массива должны быть определены на период не менее пяти лет с шагом не более одного месяца значения:

- температуры теплоносителя на входе и выходе из ССНТ грунта, °С;
- температуры грунта по длине грунтового теплообменника, °С;
- размера (радиуса) зоны промерзания грунта, м;
- удельного или полного теплосъема, Вт/м или Вт.

6.2.37 Выбор шага размещения термоскважин и горизонтальных грунтовых теплообменников следует выполнять с учетом их взаимного теплового влияния в процессе эксплуатации, определяемого путем прогнозного моделирования с использованием программного обеспечения, соответствующего 6.2.31.

6.2.38 При снижении теплосъема, определенного для термоскважин, находящихся в центре поля термоскважин с учетом их взаимного теплового влияния, более чем на 10 % относительно теплосъема, вычисленного для одиночной термоскважины, работающей в аналогичных условиях, следует увеличивать шаг размещения термоскважин.

6.2.39 При снижении теплосъема, определенного для веток горизонтального грунтового теплообменника, находящихся в центральной части, с учетом их взаимного влияния, более чем на 20 % относительно теплосъема, вычисленного для одиночной ветки, работающей в аналогичных условиях, следует увеличивать шаг укладки веток горизонтального грунтового теплообменника.

6.2.40 Для грунтовых теплообменников, обеспечивающих стабильно мерзлое состояние грунтов, используемых в качестве оснований зданий и сооружений в мерзлом состоянии (принцип I), шаг размещения грунтовых теплообменников выбирают из условия сохранения грунта основания в мерзлом состоянии.

6.2.41 В результате прогнозного моделирования взаимного теплового влияния грунтовых теплообменников в процессе эксплуатации должны быть определены:

- удельный или полный теплосъем для одиночной термоскважины или одиночной ветки горизонтального грунтового теплообменника, Вт/м или Вт;
- удельный или полный теплосъем для термоскважины или ветки горизонтального грунтового теплообменника в составе группы с выбранным шагом размещения, Вт/м или Вт;
- процент снижения удельного или полного теплосъема для термоскважины или ветки горизонтального грунтового теплообменника в центре поля термоскважин или в центральной части горизонтального грунтового теплообменника относительно теплосъема, вычисленного для одиночной термоскважины или ветки, работающей в аналогичных условиях.

При проведении прогнозного моделирования взаимного теплового влияния грунтовых теплообменников в процессе эксплуатации должны быть использованы те же характеристики грунта, режимы работы ТСТ и конструктивные характеристики грунтового теплообменника, что и при

выполнении прогнозного моделирования теплового поведения грунтового массива.

6.2.42 В качестве расчетных параметров ССНТ грунта для проектирования ТСТ следует использовать параметры грунтовых теплообменников и температуры грунтового массива, ожидаемые не менее чем на пятый год эксплуатации теплонасосной системы.

6.2.43 При проектировании термоскважин для объектов капитального строительства, в отношении которых предусматривают проведение экспертизы проектной документации согласно [3], на стадии разработки проектной документации следует выполнять пробную термоскважину с проведением тепловых испытаний на определение фактической теплопроводности грунта в соответствии с ГОСТ Р 59510–2021 (приложение А). Предусматривать последующее использование пробной термоскважины в составе ССНТ грунта.

6.2.44 По результатам тепловых испытаний проводят повторные расчеты прогнозного моделирования теплового поведения грунтового массива, прогнозного моделирования взаимного теплового влияния грунтовых теплообменников в процессе эксплуатации с учетом требований 6.2.34.

6.3 Использование теплоты природных водоемов и водных источников

6.3.1 В качестве водных ВИЭ следует использовать поверхностные водоемы и водотоки, подземные водоносные горизонты, воды из карьеров, шахтные воды, тоннельный дренаж и другие воды.

6.3.2 Теплоту природных водоемов и водных источников следует использовать, соблюдая требования [4], [5], [6], а также ГОСТ Р 59510.

6.3.3 Характеристики природных водоемов, водотоков и иных водных источников, используемых в качестве источников низкопотенциальной теплоты, должны гарантировать на период не менее 15 лет постоянный поток тепла, требуемый для работы ТСТ на проектных режимах, с учетом колебаний температуры воды в источнике, расходного режима источника, а также водохозяйственной деятельности, включая искусственный отбор тепла из водоема или водного источника.

6.3.4 Использование теплоты природных водоемов и водных источников допускается осуществлять как погружением теплообменников в толщу воды, так и путем забора воды из источника и подачи ее в теплообменник с последующим использованием или сбросом.

6.3.5 Подача воды из природных водоемов и водных источников непосредственно в испаритель теплового насоса не допускается.

6.3.6 На водозаборах следует предусматривать средства защиты от попадания загрязнений и водных организмов.

6.3.7 При использовании теплоты природных водоемов и водных источников не допускается изменение качества и состава воды для подземных источников, кроме того, не допускается контакт воды с воздухом.

Контроль качества воды следует выполнять лабораторными методами. Частоту отбора проб предусматривают не реже одного раза в год.

6.3.8 Вода, не используемая в дальнейшем для хозяйственных или технологических нужд, должна быть возвращена в источник с соблюдением требований [4] и ГОСТ Р 59510.

При использовании воды из подземных водоносных горизонтов обратную закачку следует проводить в тот же водоносный слой, из которого воду забирают.

При осуществлении возврата воды предусматривают ограничение скорости потока либо иные мероприятия, препятствующие размыванию дна, береговой линии, предотвращающие суффозию или развитие карстовых процессов при обратной закачке воды в подземный водоносный горизонт.

6.3.9 Для подтверждения достаточности дебита подземного источника воды следует проводить тестовые откачки воды с определением величины гарантированного доступного расхода воды.

6.3.10 В случае обратной закачки воды в подземный горизонт следует выполнять пробные откачку и закачку воды через подающую и возвратную скважины соответственно, с определением величины гарантированного доступного расхода воды.

Направление и скорость течения воды в подземном горизонте следует определять с помощью маркерного теста, в ходе которого в поток закачиваемой в водоносный горизонт воды вводят маркер (краситель), который далее попадает в воду, извлекаемую через подающую скважину. В качестве маркеров используют вещества, безопасные для здоровья человека и окружающей среды, соответствующие санитарно-гигиеническим требованиям к источникам питьевого водоснабжения.

6.3.11 Допускается использование исследовательских скважин в качестве подающих или возвратных скважин в составе ССНТ.

6.3.12 Места размещения подающих и возвратных скважин, их количество и расстояния между ними следует определять по результатам тестов.

6.3.13 Возвратные скважины размещают ниже по течению воды относительно подающих скважин.

6.3.14 Подающие и возвратные скважины должны соответствовать требованиям 6.2.7 и СП 31.13330 в части обеспечения санитарных мероприятий.

6.3.15 Следует предусматривать мероприятия по защите скважин и элементов гидравлического контура циркуляции воды из природных, в том числе подземных, источников от отложения растворенных веществ (соединений марганца, железа, солей жесткости и т. п.). Допускается предусматривать мероприятия по их периодической очистке средствами и методами, соответствующими санитарно-гигиеническим требованиям.

6.3.16 При выборе материала для изготовления подающих и возвратных скважин и тампонирующего раствора следует учитывать степень агрессивности грунтов и грунтовых вод к бетону в соответствии с ГОСТ 31384, а также коррозионную активность по отношению к металлам в соответствии с ГОСТ 9.602, определяемые по результатам инженерно-геологических изысканий.

6.3.17 Материалы оборудования и элементов гидравлического контура циркуляции воды следует выбирать с учетом физико-химического состава и коррозионных свойств перекачиваемой воды, при этом срок службы гидравлического контура должен быть не менее половины срока службы обслуживаемого здания, устанавливаемого в соответствии с ГОСТ 27751.

6.3.18 Погружные теплообменники и приспособления для их крепления следует применять из полимерных или коррозионно-стойких материалов.

6.3.19 Погружные теплообменники должны быть закреплены на дне водоема или в толще воды таким образом, чтобы обеспечивалась их работоспособность при сезонных или иных колебаниях уровня воды в водоеме, защита от повреждений и смещений в результате воздействия волн и течений.

6.3.20 Размещение погружного теплообменника не должно создавать помехи или препятствовать движению водного транспорта и осуществлению рыболовства.

При этом конструкцией погружного теплообменника должна быть обеспечена его защита от повреждения якорями и рыболовецкими снастями.

6.3.21 При проектировании погружных теплообменников следует учитывать снижение теплотехнических характеристик по причине биологического обрастания поверхности теплообмена и отложения на ней взвешенных веществ.

В случаях, когда конструкцией и режимами работы погружного теплообменника предусматривают его обледенение, расчет тепловой мощности теплообменника следует выполнять с учетом максимальной толщины льда, образующегося на поверхности теплообмена в течение периода теплоснабжения.

6.3.22 В качестве расчетной используют наименьшую температуру воды на глубине установки погружного теплообменника или забора воды для подачи в промежуточный теплообменник.

6.3.23 Температура воды, возвращаемой в источник, должна быть относительно исходной температуры воды в пределах:

- для открытых водоемов – ± 10 °С;
- для подземных источников, включая шахтные воды и тоннельный дренаж, – ± 6 °С относительно температуры в природном, невозмущенном состоянии, но в любом случае не ниже 2 °С для пресной воды.

С учетом солености воды температура, с которой ее возвращают в источник, может быть ниже 2 °С, но не менее чем на 2 °С выше температуры

начала кристаллизации, определенной по результатам соответствующих лабораторных испытаний.

При этом для водных объектов рыбохозяйственного назначения следует учитывать требования [10].

6.3.24 При проведении предварительных расчетов в отсутствие фактических данных допускается температуру воды в природном, невозмущенном состоянии, получаемой из подземных источников с глубины 10 м и более, принимать равной среднегодовому значению температуры наружного воздуха в соответствии с СП 131.13330.

6.4 Использование теплоты атмосферного воздуха

6.4.1 Теплонасосная система теплоснабжения, использующая теплоту атмосферного воздуха для покрытия нагрузки системы отопления, должна обеспечивать покрытие расчетных тепловых при функционировании системы в условиях абсолютных минимальных температур наружного воздуха в соответствии с СП 131.13330 с учетом 6.4.2.

При невыполнении данного требования следует предусматривать дополнительный источник низкопотенциальной теплоты, обеспечивающий указанные требования, либо устанавливать вспомогательный источник тепла согласно 7.2.

6.4.2 Для обеспечения подачи потребителю требуемого количества тепла от ТСТ, использующей теплоту атмосферного воздуха, компенсацию снижения подачи тепла в процессе дефростации испарителя следует предусматривать путем соответствующего увеличения тепловой мощности теплового насоса или вспомогательного источника тепла.

6.4.3 Номинальный расход воздуха через теплообменник теплового насоса следует обеспечивать для всех возможных режимов работы теплового насоса.

6.4.4 Качество воздуха, поступающего в испаритель теплового насоса или теплообменник-утилизатор, следует обеспечивать в соответствии с 6.5.7.

6.5 Использование теплоты вентиляционных выбросов

6.5.1 Систему сбора теплоты вентиляционных выбросов следует разрабатывать с учетом требований СП 60.13330 и ГОСТ Р 59510.

6.5.2 При размещении оборудования утилизации на теплом чердаке следует руководствоваться требованиями СП 60.13330 и СП 7.13130. При этом охлажденный воздух, прошедший утилизатор, следует удалять из объема теплого чердака наружу не допуская нарушения работы естественной вентиляции и понижения температуры на теплом чердаке.

6.5.3 Теплообменник-утилизатор следует комплектовать каплеуловителем.

6.5.4 Отвод конденсата, образующегося на теплообменных поверхностях теплообменника-утилизатора, следует предусматривать в систему бытовой канализации с разрывом струи.

При риске замерзания отводимого конденсата следует предусматривать мероприятия по защите от замерзания.

6.5.5 Теплообменник-утилизатор, за исключением теплообменной поверхности, а также все внешние поверхности воздухопроводов и элементов воздушного тракта после него должны быть теплоизолированы от образования конденсата согласно СП 61.13330.

6.5.6 Циркуляционные трубопроводы промежуточного теплоносителя следует выполнять из стальных, композитных или полимерных труб с учетом требований СП 60.13330.2020 (подраздел 6.3).

6.5.7 Воздух, поступающий в испаритель воздушного теплового насоса или в теплообменник-утилизатор, не должен содержать взвешенных веществ и иных загрязнений и должен соответствовать требованиям, указанным в технической документации на оборудование.

В случае несоответствия качества воздуха указанным требованиям воздух следует предварительно очищать, пропуская через фильтры.

6.5.8 Следует предусматривать мероприятия по недопущению образования инея и наледи на теплообменных поверхностях теплообменников-утилизаторов, встроенных в системы механической вытяжной вентиляции.

6.5.9 При использовании тепловых избытков внутренних помещений не допускается снижение температуры внутреннего воздуха в помещениях ниже нормативных значений по ГОСТ 30494, [8].

6.6 Использование теплоты сточных вод

6.6.1 Использование теплоты сточных вод следует осуществлять с применением теплообменников-утилизаторов, при этом теплообменные аппараты следует подбирать с учетом состава сточных вод, характеристик, содержащихся в них включений, а также допустимых условий работы.

6.6.2 Материалы и конструктивные решения, применяемые при разработке устройств утилизации, должны обеспечивать защиту от коррозии и абразивного износа.

6.6.3 При использовании неочищенных сточных вод размер проходного сечения канала для сточных вод на всем его протяжении должен обеспечивать беспрепятственное прохождение самых крупных частиц, содержащихся в сточных водах.

Диаметр проходного сечения применяемых элементов трубопроводов, фасонных частей и арматуры должен как минимум в 1,5 раза превышать максимальный линейный размер наиболее крупных твердых частиц, содержащихся в стоках.

Допускается использование дробящих механизмов и улавливающих устройств для уменьшения размеров содержащихся в стоках твердых включений.

6.6.4 При использовании сточных вод, содержащих волокнистые примеси, не допускается размещение на пути их движения элементов

трубопроводов, арматуры и оборудования, создающих условия для зацепления или наматывания волокон, за исключением насосов, оснащенных рабочими колесами с режущей кромкой и прочих устройств, предназначенных для работы с такого рода средами.

6.6.5 Во избежание образования отложений на теплообменных поверхностях устройств утилизации необходимо обеспечивать самотечный слив сточных вод при остановке системы.

6.6.6 Конструкцией теплообменника-утилизатора должна быть предусмотрена возможность его очистки. Теплообменные аппараты, не обеспечивающие самоочистку поверхности теплообмена со стороны сточных вод, должны устанавливаться со 100 %-ным резервированием.

6.6.7 Использование теплоты сточных вод не должно приводить к нарушению режима работы системы канализации и требований [8].

Допускается предусматривать байпасную линию в обход теплообменника-утилизатора.

6.6.8 Для повышения температурного потенциала сточных вод, используемых в МКД в качестве источников тепла низкого температурного потенциала, внутридомовую канализацию допускается предусматривать с отдельной эвакуацией «серых» стоков, при этом осуществлять утилизацию тепла «серых» стоков.

6.6.10 При расчете системы утилизации теплоты сточных вод следует учитывать неравномерность их поступления. В качестве расчетных параметров следует принимать минимальный располагаемый расход сточных вод в точке утилизации и наименьшую из их возможных температур. Для систем, контактирующих с ливневыми или поверхностными стоками, в качестве расчетной следует принимать температуру сточных вод на период активного таяния снега.

6.6.11 Теплообменники-утилизаторы следует размещать в помещениях зданий и сооружений.

Для теплообменников-утилизаторов, используемых на производственных и складских объектах, допускается их размещение снаружи зданий.

6.6.12 При наружном размещении теплообменников-утилизаторов предусматривают мероприятия по исключению возможности замерзания сточных вод и теплоносителя ССНТ, в том числе и при остановке системы утилизации.

6.6.13 Теплообменники-утилизаторы (кроме погружных) теплоизолируют в соответствии с требованиями СП 61.13330:

- устанавливаемые в помещениях – из условия невыпадения конденсата;
- при наружном размещении – из условия обеспечения положительных температур теплоносителя с учетом требований 6.1.9.

7 Выбор конфигурации системы

7.1 При определении конфигурации ТСТ, обеспечивающей объект тепловой энергией и холодом, принимают во внимание следующие характеристики объекта:

- тепловые и холодильные нагрузки, покрываемые ТСТ, графики их изменения;
- температурные режимы систем-потребителей;
- располагаемые источники ВЭР и их характеристики (расходы, температура, графики поступления и т. п.);
- располагаемые ВИЭ и их характеристики (расходы, температура, графики поступления и т. п.);
- климатические условия в соответствии с СП 131.13330.

7.2 Необходимость применения вспомогательного источника тепла и требования к его мощности следует определять в зависимости от характеристик используемого источника низкопотенциальной теплоты, климатических условий по СП 131.13330 и характеристик применяемого теплонасосного оборудования в соответствии с таблицей 7.1.

Таблица 7.1 – **Необходимость применения вспомогательного источника тепла и требования к его мощности**

Наименование конфигурации теплонасосной системы теплохладоснабжения	Характеристика источника низкопотенциальной теплоты	Характеристика теплового насоса ¹⁾	Необходимость использования дополнительного источника тепла, требования к его мощности
1 Моновалентная	Надежный, постоянный и достаточный отбор энергии, в том числе и при расчетной температуре наружного воздуха ²⁾	Полностью обеспечивает расчетную тепловую нагрузку и нагрев теплоносителя до температуры не ниже максимальной расчетной температуры в системе теплоснабжения при расчетной температуре наружного воздуха ²⁾	Не требуется

2 Бивалентная альтернативная	Достаточный отбор энергии вплоть до температуры бивалентности	Обеспечивает полную тепловую нагрузку вплоть до температуры наружного воздуха, ниже которой работа теплового насоса невозможна или нецелесообразна (совпадает с температурой бивалентности)	Требуется, на полную тепловую нагрузку
3 Бивалентная, вспомогательная	Надежный, постоянный и достаточный отбор энергии, в том числе и при расчетной температуре наружного воздуха	Обеспечивает полную тепловую нагрузку вплоть до температуры бивалентности. Обеспечивает часть тепловой нагрузки при расчетной температуре наружного воздуха	Требуется, на полную тепловую нагрузку за вычетом тепловой нагрузки, обеспечиваемой от теплового насоса при расчетной температуре наружного воздуха
4 Бивалентная комбинированная	Достаточный отбор энергии вплоть до температурной границы работоспособности теплового насоса	Обеспечивает полную тепловую нагрузку вплоть до температуры бивалентности. Обеспечивает часть тепловой нагрузки вплоть до температуры, ниже которой работа теплового насоса невозможна или нецелесообразна. При расчетной температуре наружного воздуха отключен	Требуется, на полную тепловую нагрузку
<p>¹⁾ Обеспечение полной тепловой нагрузки означает также, что температура теплоносителя после нагрева в тепловом насосе на рассматриваемом режиме не ниже, чем максимальная расчетная температура в системе теплоснабжения при соответствующей температуре наружного воздуха.</p> <p>²⁾ Для ТСТ, использующих в качестве источника низкопотенциальной теплоты атмосферный воздух, руководствоваться требованиями 6.4.1.</p>			

7.3 Для бивалентной вспомогательной и комбинированной конфигураций ТСТ должна быть обеспечена возможность устойчивой одновременной работы теплонасосного оборудования и вспомогательного источника тепла. Повышение температуры теплоносителя на входе в конденсатор теплового насоса выше максимального рабочего значения в соответствии с его технической документацией, равно как и отключение теплового насоса по достижении температуры подачи при работающем вспомогательном источнике тепла не допускается, за исключением комбинированного режима при температуре наружного воздуха ниже предельного минимального значения, при котором обеспечивают работоспособность теплового насоса согласно его техническим характеристикам (точка В, приложение А).

7.4 В случае применения нескольких тепловых насосов в зависимости от требуемых параметров теплоносителя допускается как параллельное, так и последовательное (каскадное) их соединение.

7.5 Конфигурацией теплонасосной системы для покрытия нагрузок теплоснабжения и горячего водоснабжения должно быть предусмотрено обеспечение нагрузки ГВС в приоритетном порядке, если иное не установлено заданием на проектирование.

7.6 Определение производительности теплонасосной системы теплохладоснабжения

7.6.1 Производительность теплонасосной системы следует принимать достаточной для покрытия нагрузок теплоснабжения и холодоснабжения в зависимости от присоединенных потребителей в течение всего года.

7.6.2 При проектировании следует учитывать все возможные для выбранного алгоритма управления сочетания нагрузок отопления, горячего водоснабжения, охлаждения и пр.

7.6.3 Для снижения установленной электрической мощности ТСТ следует использовать в качестве вспомогательных источников тепла вместо электрических нагревателей оборудование, работающее на иных источниках энергии, либо предусматривать моновалентный режим работы.

7.6.4 Тепловую нагрузку отопления и вентиляции здания $Q_{об}^p$, кВт, определяют в соответствии с СП 60.13330.2020 (приложение А).

7.6.5 Тепловую нагрузку горячего водоснабжения $Q_{ГВС}^{max}$, кВт, определяют по расходу горячей воды в час максимального водопотребления в соответствии с СП 30.13330.2020 [формула (13)].

При использовании суточного аккумулирования тепловую нагрузку горячего водоснабжения $Q_{ГВС}^h$, кВт, определяют по среднечасовому за сутки расходу горячей воды в соответствии с СП 30.13330.2020 [формула (12)], при этом среднечасовой за сутки расход горячей воды q_T^h , м³/ч, определяют по формуле

$$q_T^h = \frac{q_{сут}}{24}, \quad (7.2)$$

где $q_{\text{сут}}$ – среднесуточный расход горячей воды, м³/сут.

7.6.6 Нагрузки прочих потребителей тепла $Q_{\text{пр}}^{\text{T}}$, кВт, определяют в соответствии с требованиями их технологических режимов.

7.6.7 Тепловую мощность ТСТ Q_{T} , кВт, определяют по формуле

$$Q_{\text{T}} = Q_{\text{об}}^{\text{p}} + Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} + Q_{\text{пр}}^{\text{T}} \quad (7.3)$$

При использовании баков-аккумуляторов и постоянной подаче тепла в них на протяжении суток, а также при обеспечении горячего водоснабжения по приоритету в соответствии с 7.4, тепловую мощность ТСТ следует определять по формуле

$$Q_{\text{T}} = Q_{\text{об}}^{\text{p}} + k_{\text{акк}} \cdot Q_{\text{ГВС}}^{\text{h}} + Q_{\text{пр}}^{\text{T}} \quad (7.4)$$

При работе ТСТ в прерывистом режиме, например, при использовании дифференцированного по времени суток тарифа на электрическую энергию, вычисления проводят для каждого периода, включающего время работы системы и время ее простоя, и в качестве расчетного значения тепловой мощности ТСТ Q_{T} принимают максимальное из значений $Q_{\text{T},i}$, определяемых по формуле

$$Q_{\text{T},i} = \frac{(Q_{\text{об}}^{\text{p}} + (1,16 \cdot G_i \cdot (t_h - t_c) + Q^{\text{ht}}) + Q_{\text{пр}}^{\text{T}}) \cdot (T_{\text{ост},i} + T_{\text{p},i})}{T_{\text{p},i}} \cdot k_{\text{акк}}, \quad (7.5)$$

где G_i – среднечасовой расход горячей воды, м³/ч;

t_h – температура горячей воды в местах водоразбора, определяемая в соответствии с СП 30.13330, °С;

t_c – температура холодной воды, определяемая в соответствии с СП 30.13330, °С;

Q^{ht} – потери тепла подающими и циркуляционными трубопроводами системы горячего водоснабжения, определяемые в соответствии с СП 30.13330, кВт;

$T_{\text{ост},i}$ – время простоя ТСТ в течение периода (время действия высокого тарифа на электрическую энергию), ч;

$T_{\text{p},i}$ – время выработки тепла ТСТ в течение периода, ч;

$k_{\text{акк}}$ – коэффициент, учитывающий потери тепла при хранении. Принимают в пределах от 1,1 до 1,2, причем меньшие значения соответствуют меньшему соотношению площади поверхности баков к их объему и более высокой теплоизоляции, а большие значения – большему соотношению площади поверхности баков к их объему и низкой теплоизоляции;

i – порядковый номер периода.

8 Теплонасосная система теплохладоснабжения

8.1 Общие требования

8.1.1 Теплонасосная система теплохладоснабжения должна быть спроектирована с учетом требований к сезонной характеристике энергоэффективности согласно ГОСТ Р 54865.

8.1.2 Проектирование ТСТ следует осуществлять на основании суточных и годовых графиков изменения тепловых и холодильных нагрузок.

8.1.3 Выбор конфигурации, основного оборудования и логики управления ТСТ следует выполнять в соответствии с порядком, представленным в приложении Б.

8.1.4 В ходе проведения предварительных расчетов и разработки технико-экономических обоснований следует использовать данные, приведенные:

- для определения коэффициента преобразования энергии – в 10.3, 10.4 и на рисунках Е.1, Е.2, Е.5, Е6 или в технической документации на применяемые тепловые насосы;

- для оценки удельного расхода электроэнергии на привод ТСТ для систем отопления и вентиляции – на рисунках Е.7–Е.10 и в Е.4, а для системы горячего водоснабжения – на рисунках Е.3 и Е.4.

8.1.5 Определять параметры теплонасосной системы следует в соответствии с приложением В, а разработку технико-экономических обоснований – в соответствии с приложением Г.

8.1.6 При проектировании ТСТ следует учитывать возможность применения дифференцированного по времени суток тарифа на электроэнергию.

8.1.7 При использовании ТСТ для подачи тепла потребителям первой категории надежности теплоснабжения по СП 124.13330 следует предусматривать резервирование от тепловых сетей, независимых источников тепла, а при отсутствии возможности – от местных резервных источников теплоты (стационарных или передвижных).

При выходе из строя одного теплового насоса или одного вспомогательного источника тепла количество тепловой энергии, отпускаемой потребителям второй и третьей категорий, следует обеспечивать в размерах, указанных в СП 124.13330.2012 (таблица 1). При этом снижение температуры воздуха в жилых и производственных помещениях потребителей второй и третьей категорий ниже допустимых величин по СП 124.13330 не допускается.

8.1.8 Буферные баки допускается устанавливать как на подающей, так и на обратной линии контура циркуляции теплоносителя для выполнения требований 13.8.

При использовании тепловых насосов, оснащенных регулятором частоты вращения компрессора, а также в случае применения высокоинерционных систем подачи тепла (холода), интегрированных в строительные конструкции здания, применение буферных баков не требуется.

Объем буферного бака $V^{\text{буф}}$, м³, следует определять по формуле

$$V^{\text{буф}} = \frac{Q^{\text{буф}}}{\rho \cdot c_p \cdot \Delta t} \cdot T, \quad (8.1)$$

где $Q^{\text{буф}}$ – тепловая (холодильная) мощность, передаваемая в буферный бак, кВт;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³;

C_p – удельная теплоемкость теплоносителя, кДж/(кг·°С);

$\Delta t = |t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}|$ – абсолютная величина разности температур теплоносителя в баке в начале и конце подачи мощности, °С;

T – время, в течение которого происходит передача мощности в буферный бак, с.

8.1.9 Тепловая (холодильная) мощность $Q_i^{\text{буф}}$, кВт, передаваемая в буферный бак, равна неиспользуемой мощности ТСТ при климатических условиях, отличных от расчетных. Ее определяют ежемесячно как разницу между мощностью, вырабатываемой теплонасосной системой, и мощностью, потребляемой объектом при средних климатических условиях данного месяца

$$Q_i^{\text{буф}} = (n_i^{\text{ТН}} \cdot Q_i^{\text{ТН}} + n_i^{\text{ВИТ}} \cdot Q_i^{\text{ВИТ}}) - Q_{\text{ср.клим},i}, \quad (8.2)$$

где $n_i^{\text{ТН}}$ – количество работающих тепловых насосов в рассматриваемом месяце с учетом алгоритмов выбора требуемой мощности, заложенных в системе управления, шт.;

$Q_i^{\text{ТН}}$ – тепловая (холодильная) мощность теплового насоса при температурных параметрах по испарителю и конденсатору, определенных для рассматриваемого месяца, кВт;

$n_i^{\text{ВИТ}}$ – количество работающих вспомогательных источников тепла в рассматриваемом месяце с учетом алгоритмов выбора требуемой мощности, заложенных в системе управления, шт.;

$Q_i^{\text{ВИТ}}$ – тепловая мощность вспомогательного источника тепла с учетом алгоритмов выбора требуемой мощности, заложенных в системе управления, кВт;

$Q_{\text{ср.клим},i}$ – мощность, потребляемая объектом при средних климатических условиях данного месяца в соответствии с данными СП 131.13330, кВт;

i – порядковый номер месяца.

В качестве расчетного значения $Q^{\text{буф}}$ используют максимальное из значений $Q_i^{\text{буф}}$.

Буферные баки рассчитывают отдельно для контура испарителя и контура конденсатора.

8.1.10 Среднее время использования запасенного в буферном баке тепла (холода) $T_{\text{исп},i}$, с, определяют для каждого месяца по формуле

$$T_{\text{исп},i} = \frac{V^{\text{буф}} \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta t}{Q_i^{\text{буф}}}. \quad (8.3)$$

8.1.11 Допускается использование буферных баков в качестве гидравлических разделителей потоков.

8.1.12 Потери тепла в трубопроводах и оборудовании ТСТ, включая буферные баки, не должны превышать 5 %, потери холода при его использовании для кондиционирования, охлаждения приточного воздуха или технологических нужд – не более 7 %.

Потери тепла баками-аккумуляторами при суточном аккумулировании не должны превышать 10 %.

8.1.13 Заполнение и подпитку гидравлических контуров ТСТ водой следует предусматривать с помощью подпиточного насоса или без него в случае, если давление подпиточной воды в точке подачи в гидравлический контур достаточно для заполнения контура до рабочего давления.

Допускается использование воды из системы хозяйственно-питьевого или технического водопровода с обеспечением качества воды в соответствии с техническими характеристиками используемого оборудования и трубопроводов.

Для гидравлических контуров, находящихся в пределах теплого контура здания, в качестве рабочей среды следует использовать подготовленную воду с ингибиторами коррозии и пенообразования. Использование в качестве теплоносителя неподготовленной воды не допускается.

8.1.14 Расстояния в свету по вертикали и горизонтали от трубопроводов ТСТ до зданий, сооружений, инженерных коммуникаций и иных преград следует принимать в соответствии с СП 124.13330.2012 (таблицы А.1 и А.3).

8.1.15 При проектировании ТСТ для производственных процессов их следует предусматривать в рамках одного технологического процесса, требующего в различных своих частях одновременного охлаждения и нагрева, или в рамках разных технологических процессов, требующих охлаждения и нагрева и осуществляемых одновременно. В случае, когда выполнение этих условий невозможно, в составе теплонасосных систем следует предусматривать внешние источники подвода и отвода теплоты, не зависящие от технологического процесса и обеспечивающие требуемую степень надежности тепло- и холодоснабжения технологических процессов.

8.1.16 При наличии в разных помещениях одновременно действующих нагрузок нагрева и охлаждения допускается применение теплонасосных систем на основе реверсивных тепловых насосов «вода-воздух», объединенных в общий замкнутый гидравлический контур и выполняющих отбор/сброс тепла в этот контур в зависимости от требуемого режима работы – кольцевую систему.

8.1.17 При риске образования конденсата на внешней поверхности труб гидравлического контура кольцевой системы следует предусматривать их тепловую изоляцию в соответствии с СП 61.13330.

8.1.18 Для поддержания температуры теплоносителя в гидравлическом контуре кольцевой системы в холодный период года следует предусматривать источник тепла, обеспечивающий поддержание расчетного температурного режима в гидравлическом контуре при работе всех

реверсивных тепловых насосов «вода-воздух» в режиме нагрева. В качестве источника тепла применяют ТСТ, использующие источники низкопотенциальной теплоты с гарантированным поступлением. Применение иных источников теплоты допускается на основании технико-экономического обоснования.

Для поддержания температуры теплоносителя в гидравлическом контуре кольцевой системы в теплый период года следует предусматривать охлаждение теплоносителя. Мощность охладителя должна быть достаточна для поддержания расчетного температурного режима в гидравлическом контуре при работе всех реверсивных тепловых насосов «вода-воздух» в режиме охлаждения. Допускается включать в гидравлический контур кольцевой системы другие низкопотенциальные источники энергии.

8.1.19 Возможность отключения каждого из реверсивных тепловых насосов «вода-воздух» от гидравлического контура кольцевой системы следует предусматривать с помощью запорной арматуры. Следует предусматривать возможность слива теплоносителя из отключенного реверсивных тепловых насосов «вода-воздух».

8.1.20 Участок трубопровода от гидравлического контура кольцевой системы до реверсивного теплового насоса «вода-воздух» должен быть теплоизолирован.

На этом участке должны быть предусмотрены гибкие виброизолирующие вставки.

8.1.21 Резервирование оборудования и трубопроводов ТСТ следует предусматривать в соответствии с СП 60.13330, СП 124.13330, СП 510.1325800.

Насосы, обеспечивающие циркуляцию в гидравлическом контуре кольцевой системы, следует предусматривать со 100 %-ным резервированием.

Допускается применение сдвоенных насосов (насосы-дубли) для уменьшения числа компонентов и габаритных размеров оборудования. Конструкцией насосов должно быть предусмотрено полное отключение одного из них при проведении ремонтных работ.

8.1.22 Уклоны трубопроводов следует принимать не менее 0,002.

Разводящие трубопроводы (кроме трубопроводов сточных вод) допускается прокладывать без уклона в стесненных условиях, а также при скорости движения воды в трубопроводах, м/с, не менее:

0,25 – из стальных труб;

0,1 – из медных и полимерных труб.

На указанных трубопроводах необходимо предусматривать дополнительные штуцеры, направленные вверх со стороны, противоположной расположению спускного крана на конкретном участке, для возможности подключения компрессора для продувки трубопроводов сжатым воздухом при проведении ремонтных работ.

Трубопроводы сточных вод следует прокладывать в соответствии с требованиями СП 30.13330, СП 31.13330, СП 32.13330.

8.1.23 Тепловую изоляцию оборудования и трубопроводов следует предусматривать в соответствии с СП 60.13330, СП 61.13330 и требованиями настоящего свода правил.

8.2 Теплоснабжение

8.2.1 Проектирование ТПП следует выполнять в соответствии с требованиями СП 60.13330 и СП 510.1325800.

8.2.2 Тепловую мощность ТСТ определяют как сумму тепловых нагрузок систем-потребителей (отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологических потребителей) с учетом 7.5.

8.2.3 При наличии в составе ТСТ вспомогательного источника тепла мощности теплогенерирующего оборудования должны быть подобраны таким образом, чтобы тепловая энергия, вырабатываемая вспомогательным источником тепла в течение года, составляла не более 10 %÷15 % общего количества тепловой энергии, вырабатываемой ТСТ, если вспомогательный источник тепла не использует возобновляемый источник энергии.

8.2.4 Для промывки и опорожнения конденсаторов тепловых насосов в их гидравлической обвязке должна быть предусмотрена установка запорной арматуры и штуцеров с запорной арматурой, размещаемых между конденсатором и запорной арматурой.

8.2.5 Трубопроводы внутри ТПП следует проектировать в соответствии с СП 510.1325800.2022 (подраздел 8.4).

Внутри ТПП с учетом требований СП 60.13330 допускается использование полимерных труб для трубопроводов в закрытых системах горячего водоснабжения, в контурах ССНТ и холодоснабжения.

8.3 Горячее водоснабжение

8.3.1 Расчет нагрузки горячего водоснабжения выполняют в соответствии с СП 30.13330.

8.3.2 В составе ТСТ следует предусматривать баки-аккумуляторы для сглаживания суточной неравномерности потребления горячей воды, а также при наличии дифференцированного по времени суток тарифа на электрическую энергию, используемую для привода тепловых насосов.

8.3.3 Баки-аккумуляторы следует проектировать в соответствии с требованиями СП 30.13330.

8.3.4 Количество энергии, запасенное в баке-аккумуляторе $W_{\text{акк}}$, кВт·ч, следует определять по формуле

$$W_{\text{акк}} = 0,00116 \cdot (t_{\text{акк}} - t_c) \cdot V, \quad (8.4)$$

где $t_{\text{акк}}$ – температура нагрева бака-аккумулятора, °С;

t_c – см. формулу (7.5);

V – полная вместимость бака-аккумулятора, м³, определяемая по СП 30.13330.2020 [формула (31)].

8.3.5 При нагреве горячей воды от ТСТ применение водяных полотенцесушителей, встроенных в контур ГВС, должно быть экономически обосновано.

8.4 Холодоснабжение

8.4.1 При обеспечении холодоснабжения от ТСТ в приоритетном порядке следует предусматривать использование пассивного холодоснабжения с учетом требований 6.2.28, 6.2.30, 6.3.6.

8.4.2 При работе ТСТ в режиме холодоснабжения вырабатываемое тепло следует направлять на покрытие имеющихся потребностей в тепловой энергии (горячее водоснабжение, накопление тепла в системах аккумулирования и т.п.).

Тепло, которое невозможно использовать для покрытия тепловых нагрузок, следует использовать для восстановления температурного потенциала грунта при наличии грунтовых теплообменников в случаях, когда пассивное холодоснабжение от грунта не предусматривают или его возможности исчерпаны.

8.4.3 Для сброса избыточного тепла, вырабатываемого теплонасосной системой при работе в режиме холодоснабжения, следует рассматривать использование оборудования систем сбора низкопотенциального тепла.

8.4.4 При выборе теплоносителя системы холодоснабжения следует руководствоваться требованиями СП 60.13330. При непосредственном присоединении системы холодоснабжения к контуру ССНТ следует учитывать требования 6.2.17. При контакте теплоносителя системы холодоснабжения с теплоносителем ССНТ через теплообменную поверхность следует предусматривать мероприятия, исключающие возможность замерзания теплоносителя.

8.4.6 Резервирование источников холода следует выполнять в соответствии с требованиями СП 60.13330.

9 Теплонасосные системы метрополитенов

9.1 В качестве источников тепловой энергии низкого температурного потенциала следует использовать:

- тепловой ресурс тоннельной и станционной вентиляции (теплоту вытяжного воздуха);
- тепловые избытки помещений с большими внутренними тепловыделениями: трансформаторных и распределительных залов, машинных залов, щитовых, серверных и т. п., одновременно обеспечивая их охлаждение;
- тепло атмосферного воздуха;
- теплоту вытяжного воздуха, удаляемого через венткамеры наружных блоков кондиционеров;
- иные источники тепла в границах метрополитена.

9.2 Тепловую энергию, вырабатываемую теплонасосной системой, следует использовать для теплоснабжения:

- систем приточной вентиляции;
- системы отопления бытовых и технологических помещений;
- воздушно-тепловых завес vestibюлей и порталов;
- для подогрева ступеней лестничных сходов и площадок перед лифтами.

9.3 Горячее водоснабжение на станциях от теплонасосной системы следует предусматривать при соответствующем технико-экономическом обосновании.

9.4 Холод, вырабатываемый теплонасосной системой, следует использовать для:

- охлаждения помещений с большими внутренними тепловыделениями: трансформаторных и распределительных залов, машинных залов, щитовых, серверных и т. п.;

- кондиционирования (охлаждения) бытовых и технологических помещений;

- охлаждения приточного воздуха, подаваемого системами вентиляции в летний период;

- заградительного воздушного душирования для предотвращения перегрева vestibюлей в летний период (холодоснабжения воздушно-тепловых завес);

- охлаждения пассажирских помещений.

9.5 Сброс избытков тепла в летний период предусматривают:

- в поток вытяжного воздуха тоннельной или стационарной вентиляции;

- в вентиляционную камеру наружных блоков кондиционеров;

- непосредственно в атмосферный воздух путем установки наружного блока теплового насоса на поверхности или в вентиляционном киоске.

9.6 Расчет концентрации хладагента при его аварийном выбросе из контура циркуляции в каждом из подземных помещений, в которых размещают оборудование либо проходят трубопроводы, содержащие хладагент, следует выполнять в соответствии с СП 60.13330.2020 (пункт 8.9). При этом подачу наружного воздуха системой механической вентиляции L , м³/ч, принимают равной нулю ($L = 0$).

9.7 Требования к размещению оборудования:

- размещение оборудования и компоновочные решения должны выполнять из соображений максимальной компактности, минимальной протяженности трасс и занимаемой площади;

- размещение теплонасосного оборудования следует выполнять таким образом, чтобы обеспечивать возможность круглосуточного доступа к нему эксплуатирующего персонала, но при этом исключать несанкционированный доступ посторонних лиц;

- в качестве приоритетных мест размещения оборудования теплонасосных систем внутри помещений станционного комплекса следует использовать вентиляционные камеры, киоски приточной и вытяжной вентиляции, в том числе тоннельной, калориферные, помещения тепловых пунктов, насосные и т. п. Допускается предусматривать помещения для размещения оборудования теплонасосных систем. При установке оборудования ТСТ в действующих вентиляционных киосках следует обеспечивать соблюдение требований по кратности воздухообмена в помещениях согласно СП 60.13330 и СП 120.13330;

- при использовании теплового ресурса вытяжного воздуха тоннельной вентиляции следует предусматривать установку компрессорно-испарительного блока теплового насоса или теплообменника-утилизатора в противодутьевой сбойке, в вентиляционных каналах, шахтах и киосках тоннельной вентиляции или в помещении, примыкающем к вытяжной шахте тоннельной вентиляции, с обеспечением противопожарных мероприятий. При использовании тоннельного воздуха обеспечивают его предварительную очистку в воздушном фильтре;

- теплонасосное или теплообменное оборудование для использования теплоты атмосферного воздуха или сброса избыточного тепла в атмосферный воздух в летнем режиме следует устанавливать на поверхности в составе вентиляционных киосков или в пристройках и помещениях выходящих на поверхность сооружений станционного комплекса (лестничных сходов, лифтовых шахт и т. п.), а также на кровлях указанных сооружений;

- для снятия тепловых избытков помещений с высокими внутренними тепловыделениями от расположенного в них электрического оборудования (трансформаторных, релейных, серверных и т. п.) следует устанавливать в них испарители тепловых насосов или обеспечивать подачу холода с использованием промежуточного холодоносителя, обеспечивая при этом выполнение нормативных требований по электробезопасности;

- для нагрева приточного воздуха систем местной и тоннельной вентиляции, а также теплоснабжения воздушно-тепловых завес в состав приточных вентиляционных установок следует включать теплообменник-подогреватель, соединенный с конденсатором теплового насоса, или непосредственно конденсатор теплового насоса;

- для охлаждения воздуха систем местной и тоннельной вентиляции, а также холодоснабжения воздушно-тепловых завес в летний период следует использовать тот же теплообменник, но для подачи холода от испарителя теплового насоса. Если в состав приточной вентиляционной установки входит теплообменник – конденсатор теплового насоса в зимнем режиме, для охлаждения приточного воздуха следует реверсировать работу теплового насоса таким образом, чтобы в летнем режиме указанный теплообменник выполнял функцию испарителя;

- от теплообменников-охладителей, входящих в состав вентиляционных установок, следует обеспечивать отвод конденсата в канализацию с разрывом струи;

- для охлаждения трансформаторного и распределительного залов тягово-понижительной подстанции следует обеспечивать возможность замкнутой циркуляции воздуха в указанных помещениях с его охлаждением. При организации циркуляции воздуха через помещения ТПП предусматривают подмес свежего воздуха и удаление отработанного в объемах, обеспечивающих требования соответствующих нормативов. Охлаждение обеспечивают, предусмотрев в составе циркуляционной вентиляционной установки секцию воздухоохладителя, соединенного с испарителем теплового насоса или являющегося испарителем теплового насоса.

9.8 Резервирование источников тепла и холода следует выполнять в соответствии с требованиями СП 60.130330 и СП 120.13330. При этом допускается резервирование источников теплоснабжения выполнять с помощью электронагревательного оборудования или иных источников тепловой энергии, в том числе от тепловой сети, а резервирование холодоснабжения – установкой кондиционеров или холодильных машин.

10 Показатели эффективности

10.1 В качестве показателя эффективности теплового насоса для выбранного режима работы следует использовать безразмерный коэффициент преобразования энергии $K_{пр}$, определяемый по формуле

$$K_{пр} = \frac{Q^{ТН}}{P^{ТН}}, \quad (10.1)$$

где $Q^{ТН}$ – тепловая мощность теплового насоса на рассматриваемом режиме по данным технической документации, кВт;

$P^{ТН}$ – потребляемая тепловым насосом электрическая мощность на рассматриваемом режиме по данным технической документации, кВт.

Примечание – В соответствии с требованиями ГОСТ Р 54539 тепловая мощность теплового насоса и потребляемая тепловым насосом электрическая мощность, представленные в технической документации, должны учитывать работу компрессоров, средств автоматизации и защиты, при этом мощность вентиляторов для агрегатов без канального соединения должна быть включена в полезную мощность, потребляемую агрегатом, а мощность вентиляторов агрегатов с канальным соединением и циркуляционных насосов (как встроенных, так и внешних) учитывают частично.

При сопоставлении данных по эффективности различных тепловых насосов следует убедиться, что рассматриваются значения коэффициента преобразования энергии $K_{пр}$, полученные для одинаковых режимов работы.

10.2 Коэффициент преобразования энергии теплового насоса $K_{пр}$ в отсутствие данных о характеристиках конкретного оборудования допускается определять следующим образом

$$K_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{к}}}{t_{\text{к}} - t_{\text{и}}} \cdot \eta, \quad (10.2)$$

где $t_{\text{к}}$ – температура конденсации паров хладагента в конденсаторе теплового насоса, К;

$t_{\text{и}}$ – температура кипения хладагента в испарителе теплового насоса, К;

η – КПД теплового насоса, учитывающий необратимые потери при сжатии паров хладагента в компрессоре, при расширении в дроссельном устройстве, а также механические, электрические и тепловые потери, принимаемый по таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Характерные значения коэффициента полезного действия некоторых типов компрессоров, используемых в тепловых насосах (ГОСТ Р 59510)

Мощность, кВт	Тип компрессора	$\eta_{\text{к}}$, дол. ед.
300–3000	Сальниковый центробежный	0,55–0,75
50–500	Сальниковый поршневой	0,5–0,65
20–50	Бессальниковый	0,45–0,55
2–25	Герметичный	0,35–0,5

Температуру конденсации паров хладагента $t_{\text{к}}$ следует принимать как минимум на 5 °С выше расчетной температуры теплоносителя, подаваемого в систему теплоснабжения здания, а температура кипения хладагента $t_{\text{и}}$ – не менее чем на 4 °С ниже расчетной температуры теплоносителя, поступающего в тепловой насос из системы сбора низкопотенциального тепла.

Характерные зависимости коэффициента преобразования энергии $K_{\text{пр}}$ парокомпрессионных тепловых насосов от температуры испарения хладагента $t_{\text{и}}$ для разных значений температуры конденсации $t_{\text{к}}$ представлены на рисунке 10.1.

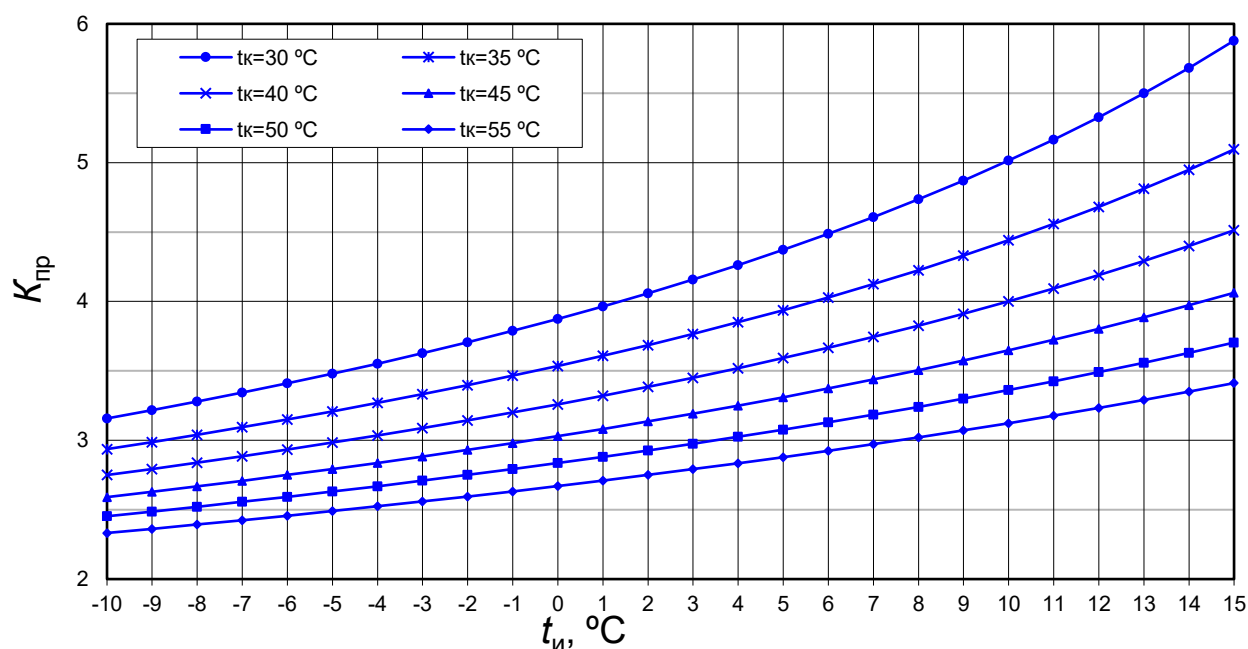


Рисунок 10.1 – Характерные зависимости коэффициента преобразования энергии парокомпрессионных тепловых насосов от температур испарения и конденсации хладагента (ГОСТ Р 59510)

10.3 В качестве показателя годовой эффективности теплонасосной системы теплоснабжения, учитывающего изменения условий внешней среды и параметров работы оборудования в течение года, следует использовать SPF (Seasonal Performance Factor) – сезонную характеристику эффективности

$$\text{SPF} = \frac{W_{\text{год}}}{E_{\text{год}}}, \quad (10.3)$$

где $W_{\text{год}}$ – количество полезной тепловой энергии, выработанное ТСТ в течение года, кВт·ч;

$E_{\text{год}}$ – количество энергии, потребленное на привод ТСТ в течение года, учитывающее энергию, затраченную на работу тепловых насосов, вспомогательного источника тепла, циркуляционных насосов гидравлических контуров испарителя и конденсатора теплового насоса, устройств регулирования, системы управления и т. п., кВт·ч.

Затраты энергии оборудованием систем распределения тепла (насосы системы отопления, циркуляционные насосы системы горячего водоснабжения и т. п.) в величине $E_{\text{год}}$ не учитывают.

10.4 Количество полезной тепловой энергии, выработанное ТСТ в течение года $W_{\text{год}}$, определяют в зависимости от режима использования ТСТ:

а) для ТСТ, используемой только для теплоснабжения

$$W_{\text{год}} = W^{\text{ТН}} + W^{\text{ВИТ}}, \quad (10.4)$$

где $W^{тн}$ – количество тепла, выработанное тепловым насосом в течение года, кВт·ч;

$W^{вит}$ – количество тепла, выработанное вспомогательным источником тепла в течение года, кВт·ч;

б) для ТСТ, используемой для теплоснабжения и холодоснабжения

$$W_{год} = W^{тн} + W^{вит} + W^{акт} + W^{пасс}, \quad (10.5)$$

где $W^{акт}$ – количество холода, выработанное тепловым насосом в течение года, кВт·ч;

$W^{пасс}$ – количество пассивного холода, полученное из внешней среды (из атмосферного воздуха, грунта, за счет использования грунтовых или поверхностных вод и т. п.) в течение года, кВт·ч.

10.5 Расчет SPF следует выполнять в соответствии с ГОСТ Р 54865. Примеры расчета параметров теплонасосной системы приведены в приложении Ж.

11 Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям

11.1 При разработке объемно-планировочных и конструктивных решений ТТП следует руководствоваться СП 60.13330, касающихся ИТП в части их размещения, высоты помещений, наличия и количества выходов, размещению узлов учета тепловой энергии и холодной воды, направляемой на горячее водоснабжение, – СП 510.1325800 и ГОСТ 33662.3.

Допускается размещение ТТП в помещении ИТП.

При этом тепловые насосы размещают с учетом требований ГОСТ EN 378-3, СП 60.13330 в части, касающейся размещения холодильного оборудования, а также СП 60.13330.2020 (раздел 10).

11.2 Допустимый диапазон температур окружающего воздуха следует определять в соответствии с техническими характеристиками теплонасосного оборудования.

11.3 Размер помещений ТТП следует принимать с учетом возможности выполнения монтажных, ремонтных и демонтажных работ, а также сервисного обслуживания оборудования.

11.4 При выборе материалов для строительных конструкций ТТП следует принимать влажный режим помещения согласно СП 50.13330.

11.5 При размещении наружных блоков воздушных тепловых насосов снаружи здания следует обеспечивать защиту от падения снега и наледи с крыш.

11.6 При размещении устройств и компонентов теплонасосных систем следует обеспечивать защиту от шума с соблюдением требований СП 51.13330, уровни вибрации не должны превышать требования [8].

11.7 Для защиты строительных конструкций от коррозии следует применять антикоррозионные материалы и предусматривать антикоррозионные мероприятия в соответствии с требованиями СП 28.13330.

Для трубопроводов, погружных и грунтовых теплообменников из полимерных материалов, за исключением совмещенных с конструктивными элементами зданий и сооружений, антикоррозионные мероприятия предусматривать не требуется.

11.8 При проектировании подземных и наземных сооружений, устройств, трубопроводов, располагаемых в зоне действия блуждающих токов, должны предусматривать меры защиты сооружений, устройств, трубопроводов от электрохимической коррозии.

12 Электроснабжение и автоматизация теплонасосных систем

12.1 Электроснабжение

12.1.1 Требования к электроснабжению и к электрооборудованию ТТП определены в [9], а именно:

- в теплонасосном тепловом пункте следует предусматривать рабочее искусственное и аварийное освещение;
- параметры системы электроснабжения должны обеспечивать возможность работы сварочных аппаратов и ручного электромеханического инструмента;
- электрооборудование должно соответствовать требованиям [9] для работы во влажных помещениях, а в подземных встроенных и пристроенных тепловых пунктах – в сырых помещениях;
- для металлических частей электроустановок, не находящихся под напряжением, должно быть предусмотрено заземление в соответствии с ГОСТ Р 50571.4.41, ГОСТ Р 50571.5.54 и ГОСТ Р 58882.

12.1.2 Категорию надежности электроснабжения ТТП принимают в соответствии с требованиями СП 256.1325800 для электроприемников обслуживаемых зданий.

При обеспечении за счет ТСТ нагрузок отопления и подогрева приточной механической вентиляции МКД категория надежности электроснабжения ТТП должна соответствовать категории надежности электроснабжения тепловых пунктов по СП 256.1325800.

Категорию надежности электроснабжения ТТП производственных зданий устанавливают в задании на проектирование.

Категория надежности электроснабжения ТСТ производственных процессов должна соответствовать требованиям к обслуживаемому технологическому процессу.

Для ТСТ, применяемых на объектах метрополитена, должна быть обеспечена надежность электроснабжения электромеханического оборудования по первой категории, систем управления – по особой группе первой категории [9].

12.1.3 Электроснабжение электроприемников ТСТ следует обеспечивать в соответствии с СП 256.1325800.

12.2 Автоматизация

12.2.1 При разработке автоматизации ТСТ следует руководствоваться положениями СП 60.13330.2020 (подраздел 11.2).

12.2.2 Работу основного (теплонасосного) и вспомогательного оборудования (циркуляционных насосов, запорной и регулирующей арматуры контура теплоносителя, вспомогательных источников тепла и холода) следует предусматривать в автоматическом режиме без постоянного присутствия персонала.

12.2.3 Система должна быть оснащена средствами автоматической защиты от аварийных ситуаций в объеме требований действующих нормативных документов.

12.2.4 Система управления вспомогательным источником тепла должна быть организована таким образом, чтобы не допускать повышения температуры теплоносителя на входе в конденсатор до уровня, при котором предохранительное устройство остановит работу теплового насоса из-за превышения допустимого давления.

Система управления вспомогательным источниками тепла может быть интегрирована в систему управления тепловым насосом.

12.2.5 Следует предусматривать установку приборов учета выработанной теплонасосной системой тепловой энергии и потребленной электрической энергии. Установку приборов учета выработанного холода следует предусматривать при осуществлении холодоснабжения от ТСТ или по заданию на проектирование.

Указанные требования не распространяются на ТСТ объектов индивидуального жилищного строительства, объектов капитального строительства, общая площадь которых составляет не более 1000 м², а также на ТСТ на основе реверсивных тепловых насосов «вода-воздух», объединенных в общий гидравлический контур по 8.1.16.

12.2.6 Система должна быть спроектирована и оснащена средствами управления таким образом, чтобы обеспечивать периодический (не реже одного раза в неделю) прогрев бака-аккумулятора горячей воды до средней температуры в баке не менее 65 °С непосредственно за счет работы теплового насоса или с помощью вспомогательного источника тепла.

13 Требования безопасности

13.1 Выбор материалов трубопроводов и способов их прокладки следует выполнять в соответствии с СП 60.13330 с учетом требований 8.2.5.

13.2 При использовании трубопроводов из полимерных материалов, параметры теплоносителя должны быть не более допустимых значений для установленного класса эксплуатации труб и фитингов по ГОСТ 32415.

13.3 Не допускается непосредственное присоединение гидравлических контуров систем внутреннего теплоснабжения и холодоснабжения к контуру термоскважин при превышении величиной внутреннего давления в контуре

термоскважин (с учетом гидростатического и избыточного давления) на уровне оголовков значения, равного 70 % значения испытательного давления, приведенного в таблице Д.1 с учетом применяемых материалов и конструктивных решений термоскважин.

13.4 При проектировании ТСТ тепловые насосы следует выбирать с учетом требований, предъявляемых к используемым рабочим телам (хладагентам) с точки зрения безопасности и охраны окружающей среды согласно СП 60.13330.2020 (пункт 8.3).

Теплонасосное оборудование с хладагентами групп опасности А3, В1, В2, В3 допускается применять только в составе ТСТ, используемых в производственных процессах.

13.5 Необходимо предотвращать выбросы хладагента в атмосферу при эксплуатации или обслуживании системы в соответствии с ГОСТ 12.1.005.

13.6 Расчет концентрации хладагента при его аварийном выбросе и оснащение таких помещений аварийной сигнализации следует выполнять в соответствии с положениями СП 60.13330.2020 (пункт 8.9).

13.7 Помещения, в которых размещают тепловые насосы, следует относить по пожарной опасности к категории Д по СП 12.13130.

13.8 Теплонасосную систему теплохладоснабжения следует проектировать таким образом, чтобы число включений и выключений компрессора (компрессоров) в течение заданного временного периода соответствовало техническим данным применяемого оборудования (с учетом внутреннего объема оборудования и трубопроводов). При недостаточности внутреннего объема системы предусматривают установку буферных баков как на стороне конденсатора, так и на стороне испарителя при обеспечении холодоснабжения. Объем буферных баков определяют в соответствии с 8.1.8.

13.9 В помещениях, в которых установлены тепловые насосы, следует предусматривать общеобменную вентиляцию согласно ГОСТ EN 378-3–2014 (пункт 5.16.2) и СП 60.13330.2020 (пункт 8.20).

13.10 Сбросные трубопроводы отведения хладагента для тепловых насосов, оборудованных предохранительными клапанами, следует выполнять в соответствии с требованиями СП 60.13330.2020 (пункт 8.22).

13.11 Показатели коррозионной активности применяемых незамерзающих жидкостей (антифризов) должны соответствовать требованиям ГОСТ 28084 и ГОСТ 33341.

13.12 Средства контроля коррозионного износа оборудования, материалов, а также, при использовании незамерзающих жидкостей (антифризов), контроля их коррозионной активности следует предусматривать по заданию на проектирование.

13.13 Помещения для размещения тепловых насосов должны быть оборудованы гидроизоляцией, трапами или приямками для удаления жидкости.

14 Дополнительные требования к проектированию теплонасосных систем теплоснабжения в особых природных и климатических условиях строительства

14.1 Общие требования

14.1.1 При проектировании ТСТ для зданий и сооружений в районах с сейсмичностью 8 и 9 баллов, на подрабатываемых территориях, в районах с просадочными грунтами II типа, засоленными, набухающими, заторфованными и многолетнемерзлыми наряду с требованиями настоящего свода правил следует соблюдать строительные требования к зданиям, сооружениям и их элементам, размещаемым в указанных районах.

Примечание – При просадочных грунтах I типа ТСТ проектируют без учета требований настоящего раздела.

14.1.2 Прокладку трубопроводов ТСТ, находящихся за пределами здания или сооружения, включая грунтовые теплообменники, следует предусматривать с использованием металлических и неметаллических гибких трубопроводов, разрешенных к использованию в особых природных и климатических условиях в соответствии с действующим законодательством.

14.1.3 Возможность и способ выполнения работ по устройству ССНТ грунта, включая тип грунтовых теплообменников, применяемые конструктивные решения и материалы, должны определять по результатам инженерно-геологических изысканий.

14.2 Районы с сейсмичностью 8 баллов и более

14.2.1 В местах прохождения трубопроводов ТСТ через фундаменты и стены зданий должен быть предусмотрен зазор между поверхностью теплоизоляционной конструкции трубы и верхом проема, обеспечивающий перемещение трубопровода без смятия изоляции, но не менее 0,2 м. Для заделки зазора следует применять эластичные водогазонепроницаемые материалы.

14.2.2 В местах присоединения трубопроводов к насосам, теплообменным аппаратам, бакам, а также в узлах подключения грунтовых теплообменников к коллекторам и трубопроводам ССНТ следует обеспечивать возможность продольных и угловых перемещений трубопроводов.

14.2.3 Подвижные катковые и шариковые опоры труб принимать не допускается.

14.2.4 При надземной прокладке должны применять эстакады или низкие отдельно стоящие опоры.

Прокладка на высоких отдельно стоящих опорах и использование труб трубопроводов ТСТ для связи между опорами не допускаются.

14.3 Районы многолетнемерзлых грунтов

14.3.1 В районах распространения многолетнемерзлых грунтов ТСТ следует проектировать для каждого объекта отдельно, исключая возможность прокладки трубопроводов с нагретым теплоносителем и горячей водой за пределами зданий и сооружений.

14.3.2 Заглубление баков с нагретым теплоносителем и горячей водой ниже планировочных отметок земли при строительстве на многолетнемерзлых грунтах с сохранением мерзлого состояния (принцип 1 по СП 25.13330) не допускается.

14.3.3 Прокладку трубопроводов с нагретым теплоносителем и горячей водой в помещениях ТТП следует предусматривать выше уровня пола. Устройство в полу каналов и прямков не допускается.

14.3.4 Для опорожнения оборудования и трубопроводов следует предусматривать систему дренажа и слива воды, исключая воздействие теплоты на грунт.

Слив незамерзающих теплоносителей (антифризов) следует предусматривать в соответствии с требованиями 6.1.10.

14.3.5 На трубопроводах, прокладываемых в подпольях, не допускается устанавливать запорную и регулирующую арматуру, спускные и воздушные краны.

14.4 Подрабатываемые территории

14.4.1 При всех способах прокладки трубопроводов за пределами зданий и сооружений для компенсации перемещений от воздействия деформаций земной поверхности должны предусматривать углы поворотов.

14.4.2 Уклоны трубопроводов за пределами зданий и сооружений следует принимать с учетом ожидаемых уклонов земной поверхности от влияния горных выработок.

14.4.3 При прокладке трубопроводов в подвалах и подпольях зданий усилия от неподвижных опор не должны передаваться на конструкции зданий.

14.4.4 При проектировании трубопроводов ТСТ на подрабатываемых территориях должны соблюдать требования 14.2.1 и 14.2.2.

14.5 Просадочные, засоленные и набухающие грунты

14.5.1 Емкостные сооружения наружного размещения в составе ТСТ следует проектировать с учетом требований СП 124.13330.

14.5.2 Под полами ТПП и емкостных сооружений следует предусматривать уплотнение грунта на глубину 2,0–2,5 м. Контур уплотненного грунта должен быть больше габаритов сооружения не менее чем на 3 м в каждую сторону.

Полы должны быть водонепроницаемые с уклоном не менее 0,01 в сторону водосборного водонепроницаемого прямка. В местах сопряжения полов со стенами должны быть предусмотрены водонепроницаемые плинтусы на высоту 0,1–0,2 м.

14.5.3 Пропуск труб через стены сооружений необходимо осуществлять с помощью сальников, обеспечивающих их горизонтальное смещение внутри и за пределы сооружения на $1/5$ возможной величины просадки, суффозионной осадки или набухания грунтов в основании.

14.5.4 Вводы трубопроводов в здания следует принимать герметичными.

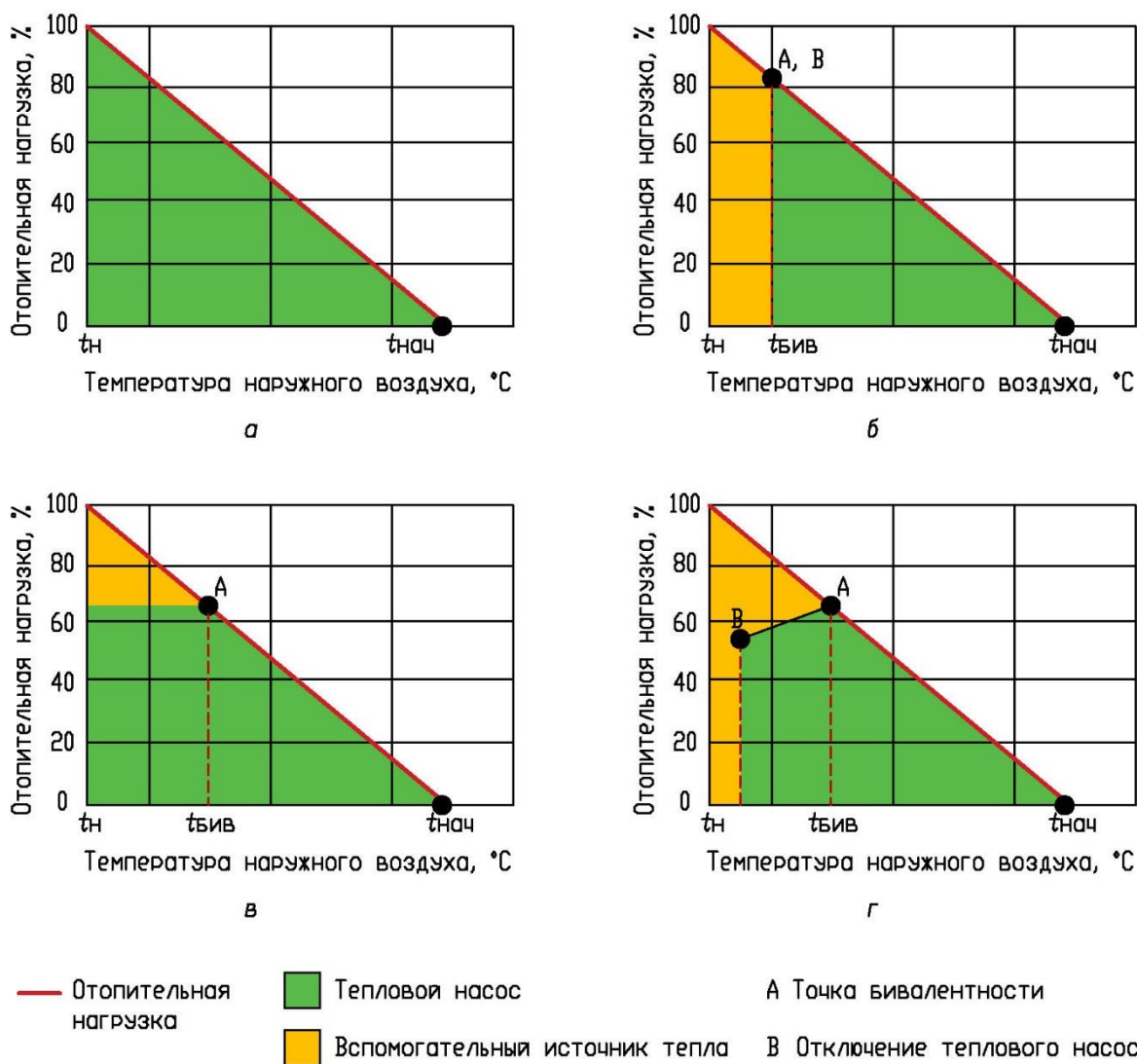
14.5.5 Вертикальную планировку площадки строительства следует предусматривать с таким расчетом, чтобы выемки котлованов и размещение земляных масс не вызывали оползневых и просадочных явлений, нарушения расчетного режима грунтовых вод, заболачивания территории и образования наледей, изменения ветров и снежных покровов в нежелательном направлении, образования больших снежных отложений на инженерных коммуникациях, конструкциях зданий и сооружений.

14.5.6 При проектировании проездов и дорог на площадках с просадочными и пучинистыми грунтами или в случаях, когда по условиям планировки не допускается возводить насыпи, следует предусматривать замену просадочных и пучинистых грунтов основания непросадочными и непучинистыми грунтами и материалами. Толщина заменяемого слоя грунта должна быть не менее глубины оттаивания, определяемой теплотехническим расчетом.

14.5.7 При проектировании трубопроводов ТСТ должны соблюдаться также требования 14.2.2.

Приложение А

Диаграммы определения конфигурации теплонасосных систем теплохладоснабжения



a – моновалентная; *б* – бивалентная альтернативная; *в* – бивалентная вспомогательная; *г* – бивалентная комбинированная

Рисунок А.1 – Диаграммы определения конфигурации теплонасосных систем теплохладоснабжения

Приложение Б

Алгоритм выбора основного оборудования теплонасосных систем теплохладоснабжения

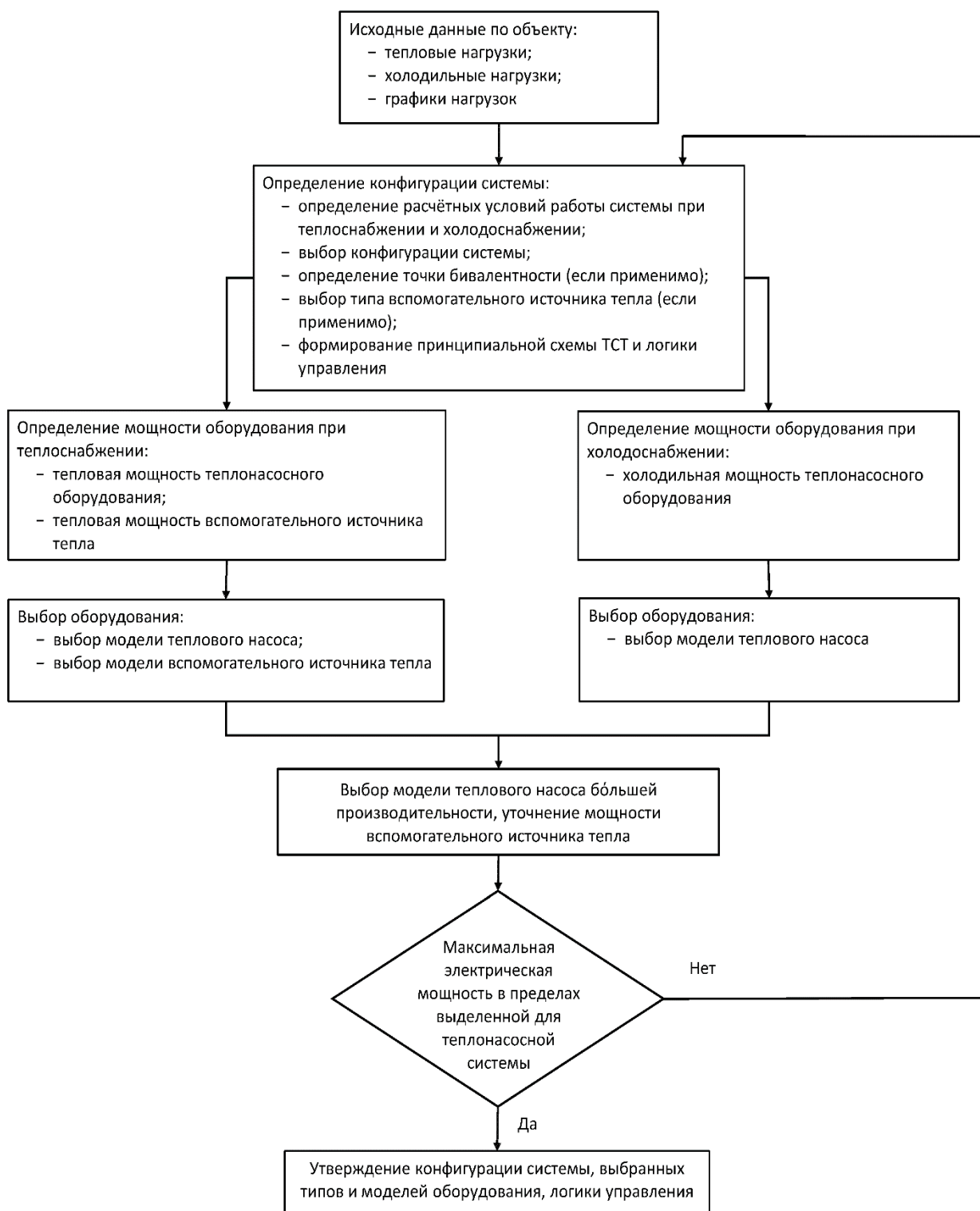


Рисунок Б.1 – Алгоритм выбора основного оборудования теплонасосных систем теплохладоснабжения

Приложение В

Методика расчета параметров теплонасосной системы

В.1 К основным параметрам теплонасосной системы теплоснабжения относятся:

а) расчетные мощности тепловых насосов и вспомогательных источников тепла, соответственно:

- для отопления и вентиляции: $Q_{ОВ}^{ТН}, Q_{ОВ}^{ВИТ}$, кВт;

- для горячего водоснабжения: $Q_{ГВС}^{ТН}, Q_{ГВС}^{ВИТ}$, кВт;

б) годовые значения выработки тепловой энергии тепловыми насосами и вспомогательными источниками тепла:

- для отопления и вентиляции: $W_{ОВ}^{ТН}, W_{ОВ}^{ВИТ}$, кВт·ч;

- для горячего водоснабжения: $W_{ГВС}^{ТН}, W_{ГВС}^{ВИТ}$, кВт·ч;

в) расчетные электрические мощности привода тепловых насосов и вспомогательных источников тепла, соответственно:

- для отопления и вентиляции: $P_{ОВ}^{ТН}, P_{ОВ}^{ВИТ}$, кВт;

- для горячего водоснабжения: $P_{ГВС}^{ТН}, P_{ГВС}^{ВИТ}$, кВт;

г) затраты энергии на привод тепловых насосов и вспомогательных источников тепла:

- для отопления и вентиляции: $E_{ОВ}^{ТН}, E_{ОВ}^{ВИТ}$, кВт·ч;

- для горячего водоснабжения: $E_{ГВС}^{ТН}, E_{ГВС}^{ВИТ}$, кВт·ч;

д) сезонную характеристику эффективности SPF.

В.2 Исходные данные для расчета:

- расчетные тепловые мощности систем–потребителей тепла:

$Q_{ОВ}^p$ – расчетная мощность систем отопления и вентиляции, кВт;

$Q_{ГВС}^{max}$ – тепловая нагрузка горячего водоснабжения в течение часа максимального водопотребления, кВт;

- характерные температуры:

$t_{вн}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая в соответствии с СП 50.13330, °С;

$t_{п}^p, t_{о}^p$ – расчетные температуры теплоносителя в системе отопления, соответственно в подающем и обратном трубопроводах, °С;

t_c, t_h – температуры холодной и горячей воды, °С;

- характеристики режима работы тепловых насосов:

$t_{инт}$ – температура теплоносителя на входе в испаритель (зависит от используемого источника низкопотенциальной теплоты), °С;

$t_{тн}$ – температура теплоносителя на выходе из конденсатора теплового насоса (максимальная принятая температура нагрева теплоносителя в тепловом насосе), °С. При проведении предварительных расчетов допускается принимать $t_{тн} = 35$ °С для случая использования обогреваемых поверхностей или воздушного отопления, $t_{тн} = 55$ °С – 60 °С – для случая использования системы отопления на базе радиаторов или конвекторов.

В.3 Температуру теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса $t_{\text{инт}}$, °С, для проведения предварительных расчетов принимают равной:

атмосферный воздух: $t_{\text{инт}} = t_{\text{н}}$ для моновалентной конфигурации ТСТ,
 $t_{\text{инт}} = t_{\text{в}}$ для бивалентной конфигурации ТСТ;

грунт (для термоскважин на пятый год эксплуатации в режиме извлечения тепла без искусственного восстановления температуры): $t_{\text{инт}} = t_{\text{прир}} - 7$ °С;

грунт при комбинированном использовании с атмосферным воздухом (для термоскважин на пятый год эксплуатации в режиме извлечения тепла из грунта без искусственного восстановления температуры): $t_{\text{инт}} = t_{\text{прир}} - 3$ °С;

грунтовая вода с глубины не менее 10 м (непосредственное использование): $t_{\text{инт}} = t_{\text{прир}}$;

грунтовая вода с глубины не менее 10 м (использование через промежуточный гидравлический контур): $t_{\text{инт}} = t_{\text{прир}} - 5$ °С;

вода из поверхностных источников (использование через промежуточный гидравлический контур): $t_{\text{инт}} = t_{\text{ср.от.пер}} - 5$ °С;

вентиляционные выбросы (непосредственное использование): $t_{\text{инт}} = t_{\text{вв}}$;

вентиляционные выбросы (использование через промежуточный гидравлический контур): $t_{\text{инт}} = t_{\text{вв}} - 10$ °С;

сточные воды (использование через промежуточный гидравлический контур): $t_{\text{инт}} = t_{\text{св}} - 5$ °С,

где $t_{\text{в}}$ – температура наружного воздуха, соответствующая точке В на рисунке А.1;

$t_{\text{прир}}$ – температура грунта и грунтовой воды в природном, невозмущенном состоянии, принимают равной среднегодовому значению температуры наружного воздуха в соответствии с СП 131.13330, °С;

$t_{\text{ср.от.пер}}$ – средняя за отопительный период температура воды, °С;

$t_{\text{вв}}$ – средняя за отопительный период температура вытяжного воздуха, °С;

$t_{\text{св}}$ – средняя за отопительный период температура сточных вод, °С.

В.4 Расчетную тепловую мощность тепловых насосов системы отопления и вентиляции $Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}}$, кВт, вычисляют следующим образом:

$$\begin{aligned} \text{при } t_{\text{ТН}} \leq t_{\text{о}}^{\text{п}} \quad Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} &= 0; \\ \text{при } t_{\text{ТН}} > t_{\text{о}}^{\text{п}} \quad Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} &= Q_{\text{ОВ}}^{\text{п}} \cdot \frac{t_{\text{ТН}} - t_{\text{вн}}}{t_{\text{н}}^{\text{п}} - t_{\text{вн}}}. \end{aligned} \quad (\text{В.1})$$

Для тепловых насосов, использующих в качестве источника низкопотенциальной теплоты воздух, при $t_{\text{н}} < t_{\text{в}}$ расчетную тепловую мощность тепловых насосов системы отопления и вентиляции $Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}}$ вычисляют по формуле (В.6), принимая $t^j = t_{\text{в}}$.

В.5 Расчетную тепловую мощность вспомогательных источников тепла системы отопления и вентиляции $Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}}$, кВт, определяют по формуле

$$Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{P}} \cdot \left(1 - \frac{t_{\text{ТН}} - t_{\text{O}}^{\text{P}}}{t_{\text{П}}^{\text{P}} - t_{\text{O}}^{\text{P}}}\right). \quad (\text{В.2})$$

Для тепловых насосов, использующих в качестве источника низкопотенциальной теплоты воздух, при $t_{\text{Н}} < t_{\text{В}}$ расчетная тепловая мощность вспомогательных источников тепла системы отопления и вентиляции $Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{P}}$.

Соотношения между основными параметрами ТСТ для системы отопления и вентиляции приведены на рисунке В.1.

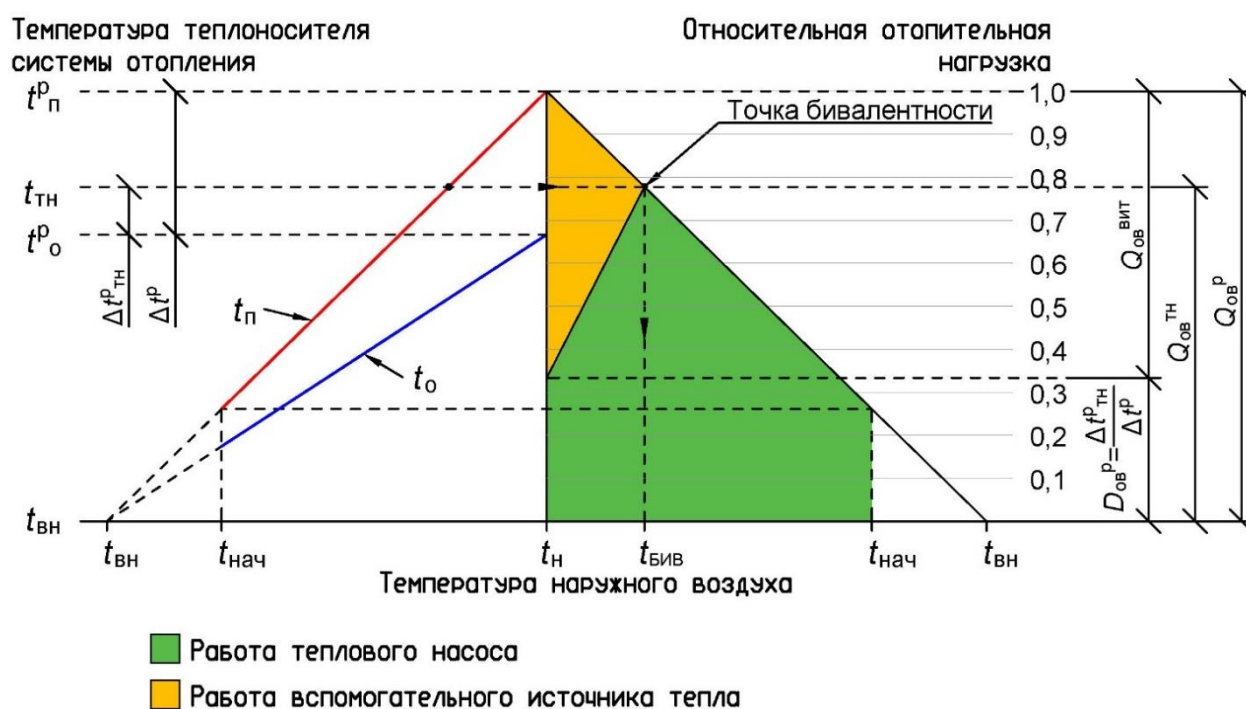


Рисунок В.1 – Диаграмма соотношений основных параметров теплонасосных систем теплохладоснабжения для отопления и вентиляции

В.6 Тепловую мощность тепловых насосов системы горячего водоснабжения (при использовании суточного аккумулирования) $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}}$, кВт, рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{h}} \cdot \frac{t_{\text{ТН}} - t_{\text{C}}}{t_{\text{Н}} - t_{\text{C}}} \cdot k_{\text{акк}}, \quad (\text{В.3})$$

где $k_{\text{акк}}$ – см. формулу (7.4);

$Q_{\text{ГВС}}^{\text{h}}$ – см. 7.6.5.

При проведении предварительных расчетов в условиях отсутствия подробных данных по параметрам системы горячего водоснабжения допускается принимать $Q_{\text{ГВС}}^{\text{h}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} \cdot 0,4$.

В.7 Тепловую мощность вспомогательного источника тепла системы горячего водоснабжения $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}$, кВт, рассчитывают по формулам:

для накопительного нагревателя

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ГВС}}^h \cdot k_{\text{акк}} - Q_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}}; \quad (\text{В.4})$$

для проточного нагревателя

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} \cdot \frac{t_h - t_{\text{ТН}}}{t_h - t_c}. \quad (\text{В.5})$$

В.8 По характеристикам выбирают конкретную модель теплового насоса, обеспечивающую требуемую тепловую мощность $Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}}$ и $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}}$ при температурах теплоносителя на входе в испаритель $t_{\text{ИНТ}}$ и теплоносителя на выходе из конденсатора $t_{\text{ТН}}$.

В зависимости от выбранной схемы ТСТ нагрузки отопления и горячего водоснабжения могут обеспечивать как одними и теми же тепловыми насосами, так и отдельными тепловыми насосами (группами тепловых насосов) для отопления и горячего водоснабжения.

Для выбранной модели теплового насоса из технической документации определяют расчетные электрические мощности привода $P_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}}$ и $P_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}}$.

В.9 Электрические мощности вспомогательных источников тепла $P_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}}$ и $P_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}$ принимают равными их тепловым мощностям $Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}}$ и $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}$ соответственно при использовании в качестве вспомогательных источников тепла электрических нагревателей и равными нулю в иных случаях.

В.10 Детальное определение выработки и потребления энергии ТСТ, равно как и сезонной характеристики эффективности SPF, следует выполнять по ГОСТ Р 54865.

При проведении предварительных расчетов допускается использование методики, изложенной ниже.

В.11 Годовую выработку тепловой энергии на отопление и вентиляцию рассчитывают с учетом кумулятивного времени стояния температур наружного воздуха в течение отопительного сезона для рассматриваемого региона.

Для каждого значения температуры наружного воздуха в диапазоне от температуры начала отопительного сезона $t_{\text{нач}}$ (принимают равной 8 °С) и до расчетной температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$ включительно выполняют расчеты по В.12–В.21.

В.12 Нагрузку отопления и вентиляции $Q_{\text{ОВ}}^j$, кВт, при рассматриваемой температуре наружного воздуха t^j , °С, определяют по формуле

$$Q_{\text{ОВ}}^j = Q_{\text{ОВ}}^p \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t^j}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{н}}}, \quad (\text{В.6})$$

где $Q_{\text{ОВ}}^p$, $t_{\text{ВН}}$ и $t_{\text{н}}$ – см. формулу (7.1).

В.13 Температуры теплоносителя системы отопления и вентиляции:

$$t_{\text{п}}^j = t_{\text{ВН}} + (t_{\text{п}}^p - t_{\text{ВН}}) \cdot \frac{Q_{\text{ОВ}}^j}{Q_{\text{ОВ}}^p}; \quad (\text{В.7})$$

$$t_{\text{о}}^j = t_{\text{ВН}} + (t_{\text{о}}^p - t_{\text{ВН}}) \cdot \frac{Q_{\text{ОВ}}^j}{Q_{\text{ОВ}}^p}. \quad (\text{В.8})$$

В.14 Температуру теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса определяют в зависимости от используемого источника:

атмосферный воздух: $t_{\text{инт}}^j = t^j$;

другие источники: $t_{\text{инт}}^j = t_{\text{инт}}$.

В.15 Доля тепловой нагрузки отопления и вентиляции $D_{\text{ов}}^j$, покрываемая за счет работы теплового насоса:

$D_{\text{ов}}^j = 1$ при $t_{\text{п}}^j \leq t_{\text{тн}}$;

$D_{\text{ов}}^j = \frac{t_{\text{тн}} - t_{\text{о}}^j}{t_{\text{п}}^j - t_{\text{о}}^j}$ при $t_{\text{о}}^j < t_{\text{тн}} < t_{\text{п}}^j$;

$D_{\text{ов}}^j = 0$ при $t_{\text{тн}} \leq t_{\text{о}}^j$.

Для тепловых насосов, использующих в качестве источника низкопотенциальной теплоты атмосферный воздух, температура теплоносителя на выходе из конденсатора $t_{\text{тн}}^j$ может быть переменной: характерно снижение максимальной температуры теплоносителя на выходе из конденсатора $t_{\text{тн}}^j$ при снижении температуры источника $t_{\text{инт}}^j$ ниже определенного значения, различающегося для разных моделей тепловых насосов. Для данного типа тепловых насосов доля тепловой нагрузки отопления и вентиляции, покрываемая за счет их работы, $D_{\text{ов}}^j$:

$D_{\text{ов}}^j = 1$ при $t_{\text{п}}^j < t_{\text{тн}}^j$;

$D_{\text{ов}}^j = \frac{t_{\text{тн}} - t_{\text{о}}^j}{t_{\text{п}}^j - t_{\text{о}}^j}$ при $t_{\text{о}}^j < t_{\text{тн}}^j \leq t_{\text{п}}^j$;

$D_{\text{ов}}^j = 0$ при $t_{\text{тн}}^j \leq t_{\text{о}}^j$;

$D_{\text{ов}}^j = 0$ при $t_{\text{тн}}^j < t_{\text{в}}$,

где $t_{\text{в}}$ – температура наружного воздуха, соответствующая точке В на рисунке А.1.

В.16 Для каждой пары $t_{\text{п}}^j \leq t_{\text{тн}}$ и $t_{\text{инт}}^j$ для выбранной модели теплового насоса по технической документации на тепловой насос определяют соответствующие значения $K_{\text{пр}}^j$.

При отсутствии данных $K_{\text{пр}}^j$ допускается определять по формуле (10.2).

В.17 Требуемую тепловую мощность теплового насоса $Q_{\text{ов}}^{\text{тн},j}$, кВт, при рассматриваемой температуре наружного воздуха t^j определяют по формуле

$$Q_{\text{ов}}^{\text{тн},j} = Q_{\text{ов}}^j \cdot D_{\text{ов}}^j. \quad (\text{В.9})$$

В.18 Требуемую тепловую мощность вспомогательного источника тепла $Q_{\text{ов}}^{\text{вит},j}$, кВт, определяют по формуле

$$Q_{\text{ов}}^{\text{вит},j} = Q_{\text{ов}}^j \cdot (1 - D_{\text{ов}}^j). \quad (\text{В.10})$$

В.19 Электрическая мощность вспомогательного источника тепла $P_{\text{ов}}^{\text{вит},j} = Q_{\text{ов}}^{\text{вит},j}$ при использовании в качестве вспомогательных источников тепла электрических нагревателей и $P_{\text{ов}}^{\text{вит},j} = 0$ в иных случаях.

В.20 Выработку тепловой энергии тепловым насосом $W_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}}$, кВт·ч, и вспомогательным источником тепла $W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}}$, кВт·ч, на отопление и вентиляцию за год определяют по формулам:

$$W_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} = \sum_{j=1}^n (Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} \cdot T^j), \quad (\text{В.11})$$

$$W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} = \sum_{j=1}^n (Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} \cdot T^j), \quad (\text{В.12})$$

где T^j – продолжительность стояния температуры t^j в течение отопительного периода, ч;

n – количество рассматриваемых значений температуры наружного воздуха.

В.21 Потребление электрической энергии тепловым насосом на отопление и вентиляцию за год $E_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}}$, кВт·ч, определяют по формуле

$$E_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} = \sum_{j=1}^n \frac{Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} \cdot T^j}{K_{\text{пр}}^j}. \quad (\text{В.13})$$

В.22 Потребление электрической энергии вспомогательным источником тепла на отопление и вентиляцию за год $E_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} = W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}}$ при использовании в качестве вспомогательных источников тепла электрических нагревателей и $E_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} = 0$ в иных случаях.

В.23 Годовую выработку тепловой энергии на горячее водоснабжение тепловым насосом $W_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}}$, кВт·ч, определяют по формуле

$$W_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} = Q_{\text{ГВС}}^h \cdot 24 \cdot k_{\text{акк}} \cdot D_{\text{ГВС}} \cdot (z_{\text{от}} + (365 - z_{\text{от}}) \cdot \alpha), \quad (\text{В.14})$$

где $Q_{\text{ГВС}}^h$ – нагрузка горячего водоснабжения по среднечасовому за сутки расходу горячей воды, кВт;

$k_{\text{акк}}$ – см. формулу (7.4);

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут;

α – коэффициент, учитывающий снижение потребления горячей воды в летний период. Принимают равным 0,9 для жилых зданий и 1,0 для остальных зданий;

$D_{\text{ГВС}}$ – доля тепловой нагрузки горячего водоснабжения, покрываемая за счет работы теплового насоса.

В.24 Долю тепловой нагрузки горячего водоснабжения $D_{\text{ГВС}}$, покрываемую за счет работы теплового насоса определяют по формуле

$$D_{\text{ГВС}} = \frac{t_{\text{ТН}} - t_{\text{с}}}{t_{\text{h}} - t_{\text{с}}} \text{ при } t_{\text{ТН}} < t_{\text{h}};$$

$$D_{\text{ГВС}} = 1 \text{ при } t_{\text{ТН}} \geq t_{\text{h}}.$$

Примечание – Температура нагрева горячей воды от теплового насоса в зависимости от выбранной логики управления может отличаться от температуры теплоносителя на выходе из конденсатора теплового насоса при его работе на отопление (например, при использовании систем отопления на базе обогреваемых поверхностей). В таком случае при расчете доли тепловой нагрузки горячего водоснабжения $D_{\text{ГВС}}$, покрываемой за счет работы теплового насоса, в качестве температуры $t_{\text{ТН}}$ используют температуру нагрева горячей воды от теплового насоса.

В.25 Годовую выработку тепловой энергии вспомогательным источником тепла на горячее водоснабжение $W_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}$, кВт·ч, определяют по формуле

$$W_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ГВС}}^h \cdot 24 \cdot k_{\text{акк}} \cdot (1 - D_{\text{ГВС}}) \cdot (z_{\text{от}} + (365 - z_{\text{от}}) \cdot \alpha). \quad (\text{В.15})$$

В.26 Для выбранной модели теплового насоса по технической документации на тепловой насос определяют соответствующие значения коэффициента преобразования энергии для зимнего и летнего периодов $K_{пр}^{ср.зим}$ и $K_{пр}^{ср.лет}$. Указанные значения определяют для температур $t_{ТН}^{ср.гвс}$, $t_{инт}^{ср.зим}$ и $t_{ТН}^{ср.гвс}$, $t_{инт}^{ср.лет}$ соответственно, где

$t_{ТН}^{ср.гвс} = 0,5 \cdot (t_{ТН} + t_c)$ – средняя температура нагреваемой от теплового насоса воды, °С;

$t_{инт}^{ср.зим}$ и $t_{инт}^{ср.лет}$ – средние за соответствующий сезон температуры источника низкопотенциального тепла, °С.

В.27 Годовое потребление электрической энергии тепловым насосом на горячее водоснабжение $E_{ГВС}^{ТН}$, кВт·ч, определяют по формуле

$$E_{ГВС}^{ТН} = Q_{ГВС}^h \cdot 24 \cdot k_{акк} \cdot D_{ГВС} \cdot \left(\frac{z_{от}}{K_{пр}^{ср.зим}} + \frac{365 - z_{от}}{K_{пр}^{ср.лет}} \cdot \alpha \right). \quad (B.16)$$

В.28 Годовое потребление электрической энергии вспомогательным источником тепла на горячее водоснабжение $E_{ГВС}^{ВИТ} = W_{ГВС}^{ВИТ}$ при использовании в качестве вспомогательных источников тепла электрических нагревателей и $E_{ГВС}^{ВИТ} = 0$ в иных случаях.

В.29 Сезонная характеристика эффективности теплонасосной системы:

в случае применения в качестве вспомогательных источников тепла электрических нагревателей:

$$SPF = \frac{W_{ОВ}^{ТН} + W_{ОВ}^{ВИТ} + W_{ГВС}^{ТН} + W_{ГВС}^{ВИТ}}{E_{ОВ}^{ТН} + E_{ОВ}^{ВИТ} + E_{ГВС}^{ТН} + E_{ГВС}^{ВИТ}}; \quad (B.17)$$

в иных случаях:

$$SPF = \frac{W_{ОВ}^{ТН} + W_{ОВ}^{ВИТ} + W_{ГВС}^{ТН} + W_{ГВС}^{ВИТ}}{E_{ОВ}^{ТН} + \frac{W_{ОВ}^{ВИТ}}{\eta_{ВИТ}} + E_{ГВС}^{ТН} + \frac{W_{ГВС}^{ВИТ}}{\eta_{ВИТ}}}, \quad (B.18)$$

где $\eta_{ВИТ}$ – средний КПД вспомогательного источника тепла в диапазоне используемых мощностей.

Приложение Г

Порядок выполнения технико-экономического обоснования применения систем теплоснабжения

Г.1 Расчет простого срока окупаемости

Г.1.1 Технико-экономические показатели ТСТ определяют дополнительными капитальными вложениями в создание ТСТ по сравнению с базовым вариантом тепло- и холодоснабжения, рассматриваемым в качестве альтернативы ТСТ, а также снижением эксплуатационных затрат на теплоснабжение за счет применения ТСТ.

Г.1.2 Дополнительные капитальные вложения ΔK , тыс. руб., следует вычислять по формуле

$$\Delta K = K_{\text{ТСТ}} + \Delta K_{\text{от}} + \Delta C_{\text{э}} - \Delta K_{\text{ит}} - \Delta C_{\text{т}} - \Delta K_{\text{хол}}, \quad (\text{Г.1})$$

где $K_{\text{ТСТ}}$ – капитальные вложения в ТСТ, тыс. руб.;

$\Delta K_{\text{от}}$ – разница вложений в систему отопления, тыс. руб.;

$\Delta C_{\text{э}}$ – разница в стоимости технологического присоединения к электрическим сетям, тыс. руб.;

$\Delta K_{\text{ит}}$ – разница вложений в источник тепловой энергии, тыс. руб.;

$\Delta C_{\text{т}}$ – разница в стоимости технологического присоединения к сетям централизованного теплоснабжения, газовым сетям и т. п., тыс. руб.;

$\Delta K_{\text{хол}}$ – разница вложений в систему холодоснабжения и холодильное оборудование, тыс. руб.

Г.1.3 При расчете капитальных вложений в ТСТ $K_{\text{ТСТ}}$ следует суммировать стоимости следующих элементов:

- тепловых насосов;
- системы сбора низкопотенциального тепла, включая теплоноситель;
- баков-аккумуляторов и буферных баков;
- циркуляционных насосов, за исключением насосов систем – потребителей тепла (насосов системы отопления, циркуляционных насосов системы горячего водоснабжения и т. п.);
- теплообменного оборудования;
- вспомогательного оборудования;
- материалов с учетом строительно-монтажных и пусконаладочных работ.

Г.1.4 Разницу вложений в систему отопления $\Delta K_{\text{от}}$, тыс. руб., определяют по формуле

$$\Delta K_{\text{от}} = K_{\text{от}}^{\text{ТСТ}} - K_{\text{от}}^{\text{баз}}, \quad (\text{Г.2})$$

где $K_{\text{от}}^{\text{ТСТ}}$ – вложения в систему отопления, адаптированную для работы совместно с ТСТ (как правило, при более низких температурах и увеличенных расходах теплоносителя), включая устройство обогреваемых поверхностей, установку отопительных приборов

с увеличенной площадью, циркуляционных насосов большей производительности и т. п., тыс. руб.;

$K_{от}^{баз}$ – вложения в систему отопления в базовом варианте, включая устройство обогреваемых поверхностей, установку отопительных приборов, циркуляционных насосов и т. п., тыс. руб.

Г.1.5 Разницу в стоимости технологического присоединения к электрическим сетям $\Delta C_э$, тыс. руб.:

$$\Delta C_э = (P_э^{тст} - P_{э,т}^{баз} - P_{э,х}^{баз}) \cdot C_э, \quad (Г.3)$$

где $P_э^{тст}$ – электрическая мощность оборудования ТСТ, включая электрические мощности тепловых насосов, вспомогательного источника тепла, циркуляционных насосов, фанкойлов и т. п., кВт;

$P_{э,т}^{баз}$ – электрическая мощность оборудования теплоснабжения в базовом варианте, включая электрическую мощность источника тепла, дымососов, циркуляционных насосов и т. п., кВт;

$P_{э,х}^{баз}$ – электрическая мощность оборудования холодоснабжения в базовом варианте, включая электрическую мощность холодильного оборудования, градирен, циркуляционных насосов, фанкойлов и т. п., кВт;

$C_э$ – удельная стоимость технологического присоединения к электрическим сетям, тыс. руб./кВт.

Г.1.6 Разницу вложений в источник тепловой энергии, $\Delta K_{ит}$, тыс. руб. определяют по формуле

$$\Delta K_{ит} = K_{ит} - K_{вит}, \quad (Г.4)$$

где $K_{ит}$ – вложения в источник тепла в базовом варианте, тыс. руб.;

$K_{вит}$ – вложения во вспомогательный источник тепла ТСТ, тыс. руб.

При расчете $K_{ит}$ и $K_{вит}$ следует учитывать стоимости следующих компонентов:

- генератора тепла;
- дымоходов и дымовых труб;
- баков-аккумуляторов и буферных баков;
- хранилищ топлива;
- средств обеспечения безопасности;
- циркуляционных насосов, за исключением насосов систем – потребителей тепла (насосов системы отопления, циркуляционных насосов системы горячего водоснабжения и т. п.);
- теплообменного оборудования;
- вспомогательного оборудования;
- материалов с учетом строительно-монтажных и пусконаладочных работ.

Г.1.7 Разницу в стоимости технологического присоединения к сетям централизованного теплоснабжения, газовым сетям и т. п. $\Delta C_т$, тыс. руб., определяют по формуле

$$\Delta C_T = (Q_T^{\text{баз}} - Q_0^{\text{вит}} - Q_{\text{ГВ}}^{\text{вит}}) \cdot C_T, \quad (\text{Г.5})$$

где $Q_T^{\text{баз}}$ – тепловая мощность оборудования теплоснабжения в базовом варианте, кВт;

$Q_0^{\text{вит}}, Q_{\text{ГВ}}^{\text{вит}}$ – то же, что и в приложении В, кВт;

C_T – удельная стоимость технологического присоединения к сетям централизованного теплоснабжения, газовым сетям и т. п., тыс. руб./кВт.

Г.1.8 Разницу вложений в систему холодоснабжения и холодильное оборудование $\Delta K_{\text{хол}}$, тыс. руб., определяют по формуле

$$\Delta K_{\text{хол}} = K_{\text{хол}}^{\text{баз}} - K_{\text{хол}}^{\text{ТСТ}}, \quad (\text{Г.6})$$

где $K_{\text{хол}}^{\text{баз}}$ – вложения в систему холодоснабжения в базовом варианте, включая холодильное оборудование, градирни, циркуляционные насосы, баки-аккумуляторы холода и буферные баки холодоснабжения, фанкойлы и т. п., тыс. руб.;

$K_{\text{от}}^{\text{ТСТ}}$ – вложения в оборудование холодоснабжения ТСТ, включая вспомогательные источники холода, градирни, циркуляционные насосы, баки-аккумуляторы холода и буферные баки холодоснабжения, фанкойлы и т. п., тыс. руб.

Вложения оценивают с учетом строительно-монтажных и пусконаладочных работ.

Г.1.9 В случаях, когда требуется возведение объектов как относящихся, так и не относящихся к объектам капитального строительства, необходимых для реализации теплоснабжения от ТСТ или базового варианта системы, затраты на возведение и обслуживание таких объектов следует учитывать в составе расходов для соответствующего варианта системы.

Г.1.10 Снижение годовых эксплуатационных затрат при использовании ТСТ $\Delta \mathcal{E}$, тыс. руб./год, определяют по формуле

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta \mathcal{E}_T - \Delta \mathcal{E}_\mathcal{E} - \Delta \mathcal{E}_{\text{об}}, \quad (\text{Г.7})$$

где $\Delta \mathcal{E}_T$ – годовая экономия затрат на теплоснабжение, тыс. руб./год;

$\Delta \mathcal{E}_\mathcal{E}$ – разница затрат на электроэнергию по вариантам, тыс. руб./год;

$\Delta \mathcal{E}_{\text{об}}$ – разница годовых затрат на обслуживание и текущий ремонт оборудования, тыс. руб./год.

Г.1.11 Годовая экономия затрат на теплоснабжение $\Delta \mathcal{E}_T$, тыс. руб./год:

$$\Delta \mathcal{E}_T = \left(\frac{W_0 + W_{\text{ГВ}}}{\eta} - \frac{W_0^{\text{вит}} + W_{\text{ГВ}}^{\text{вит}}}{\eta_{\text{вит}}} \right) \cdot (1 + k_{\text{п}}) \cdot \frac{T_T}{1000}, \quad (\text{Г.8})$$

где W_0 – годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, кВт·ч;

$W_{\text{ГВ}}$ – годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, определяемый по формуле (В.14), кВт·ч;

$W_0^{\text{вит}}$ – годовой расход тепловой энергии на отопление вспомогательным источником тепла, кВт·ч;

$W_{\text{ГВ}}^{\text{вит}}$ – годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение вспомогательным источником тепла, кВт·ч;

η и $\eta_{\text{ВИТ}}$ – средний КПД базового источника тепла и вспомогательного источника тепла соответственно в диапазоне используемых мощностей;

$k_{\text{п}}$ – доля потерь тепловой энергии при транспортировании;

$T_{\text{т}}$ – тариф на тепловую энергию с учетом стоимости используемого топлива, расходов на его доставку и хранение, а также его теплотворной способности, руб./кВт·ч.

Г.1.12 Годовой расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию W_0 , кВт·ч, следует определять в соответствии с СП 50.13330.2012 [формула (Г.10)]

$$W_0 = 0,024 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \cdot V_{\text{от}} \cdot q_{\text{от}}^{\text{п}}, \quad (\text{Г.9})$$

где $t_{\text{от}}$ – средняя температур наружного воздуха за отопительный период, определяемая по СП 131.13330, °С;

$t_{\text{вн}}$, $V_{\text{от}}$, $q_{\text{от}}^{\text{п}}$ – см. формулу (7.1).

Г.1.13 Разницу затрат на электроэнергию $\Delta \mathcal{E}_3$, тыс. руб./год, определяют по формуле

$$\Delta \mathcal{E}_3 = (E_{\text{т}}^{\text{баз}} + E_{\text{х}}^{\text{баз}} - E_{\text{т}}^{\text{тст}} - E_{\text{х}}^{\text{тст}}) \cdot \frac{T_3}{1000}, \quad (\text{Г.10})$$

где $E_{\text{т}}^{\text{баз}}$ – годовой расход электроэнергии на теплоснабжение в базовом варианте, включая расход электроэнергии циркуляционными насосами, электрическими нагревателями и т. п., кВт·ч;

$E_{\text{х}}^{\text{баз}}$ – годовой расход электроэнергии на холодоснабжение в базовом варианте, включая расход электроэнергии холодильным оборудованием, циркуляционными насосами, фанкойлами, градирнями и т. п., кВт·ч;

$E_{\text{т}}^{\text{тст}} = E_0^{\text{тн}} + E_0^{\text{вит}} + E_{\text{гв}}^{\text{тн}} + E_{\text{гв}}^{\text{вит}}$ – годовой расход электроэнергии на теплоснабжение теплонасосной системой, кВт·ч;

$E_{\text{х}}^{\text{тст}}$ – годовой расход электроэнергии на холодоснабжение теплонасосной системой, включая расход электроэнергии теплонасосным оборудованием, циркуляционными насосами (в том числе при пассивном холодоснабжении), фанкойлами, градирнями и т. п. за вычетом затрат электроэнергии в процессе выработки холода, производимого тепловыми насосами параллельно с полезной выработкой тепла, кВт·ч;

T_3 – тариф на электрическую энергию, руб./кВт·ч.

Примечание – При использовании дифференцированного по времени суток тарифа на электрическую энергию следует отдельно учитывать расходы электроэнергии для каждого времени действия тарифных периодов.

Г.1.14 Разницу годовых затрат на обслуживание и текущий ремонт оборудования $\Delta \mathcal{E}_{\text{об}}$, тыс. руб./год, определяют по формуле

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{об}} = \mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{тст}} - \mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{баз}}, \quad (\text{Г.11})$$

где $\mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{тст}}$ и $\mathcal{E}_{\text{об}}^{\text{баз}}$ – годовые затраты на обслуживание и текущий ремонт оборудования ТСТ и базового варианта соответственно, определяемые для каждого вида оборудования с учетом

данных ГОСТ Р ЕН 15459–2013 (приложение А), тыс. руб.

Г.1.15 Простой срок окупаемости дополнительных капитальных вложений S , лет, в ТСТ определяют по формуле

$$S = \frac{\Delta K}{\Delta \mathcal{E}} \quad (\text{Г.12})$$

Г.2 Расчет чистого дисконтированного дохода

Г.2.1 Чистый дисконтированный доход ЧДД, тыс. руб., определяют по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta K_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^T \frac{\Delta \mathcal{E}_i}{(1+r)^i}, \quad (\text{Г.13})$$

где ΔK_i – дополнительные капитальные вложения в ТСТ по сравнению с базовым вариантом в рассматриваемый год i , тыс. руб.;

$\Delta \mathcal{E}_i$ – снижение годовых эксплуатационных затрат при использовании ТСТ по сравнению с базовым вариантом в рассматриваемый год i , тыс. руб.;

r – расчетная норма (ставка) дисконтирования, дол. ед.;

$T=30$ годам – расчетный период.

Г.2.2 В качестве расчетной нормы (ставки) дисконтирования при отсутствии официальных прогнозов ключевой ставки Центрального банка Российской Федерации следует принимать значение $r = 0,05$, соответствующее величине ключевой ставки 5 % годовых.

Г.2.3 В случае, если срок службы применяемого оборудования меньше расчетного периода, в капитальные затраты на соответствующем временном шаге включают затраты на реновацию, капитальный ремонт или приобретение и монтаж нового оборудования. Данные по сроку службы оборудования следует принимать по ГОСТ Р ЕН 15459–2013 (приложение А).

Г.2.4 При расчете снижения годовых эксплуатационных затрат при использовании ТСТ по сравнению с базовым вариантом $\Delta \mathcal{E}_i$ следует учитывать прогнозное изменение за расчетный период тарифов на энергетические ресурсы. При отсутствии официальных прогнозов по росту тарифов для соответствующих категорий потребителей к тарифам, действующим на момент начала расчетов, следует применять ежегодный повышающий коэффициент в размере 5 %.

Г.2.5 Для ТСТ, создаваемых с использованием средств бюджетного финансирования, следует определять муниципальный чистый дисконтированный доход ЧДД^М, тыс. руб.

$$\text{ЧДД}^{\text{М}} = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta K_i^{\text{М}}}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^T \frac{\Delta \mathcal{E}_i^{\text{М}}}{(1+r)^i}, \quad (\text{Г.14})$$

где $\Delta K_i^{\text{М}}$ – сокращение капитальных вложений в инфраструктуру, тыс. руб.;

$\Delta \mathcal{E}_i^{\text{М}}$ – снижение затрат на эксплуатацию инфраструктуры, тыс. руб.

Г.2.6 Сокращение капитальных вложений в инфраструктуру $\Delta K_i^{\text{М}}$, тыс. руб.:

$$\Delta K_i^M = \Delta C_{T,i} - \Delta C_{Э,i} + \Delta K_{T,i} - \Delta K_{Э,i}, \quad (\text{Г.15})$$

где $\Delta C_{Э,i}$ – разница в стоимости технологического присоединения к электрическим сетям, тыс. руб. Определяют по формуле (Г.3) для соответствующего года i ;

$\Delta C_{T,i}$ – разница в стоимости технологического присоединения к тепловым сетям, тыс. руб. Определяют по формуле (Г.5) для соответствующего года i ;

$\Delta K_{Э,i}$ – увеличение капитальных вложений в объекты электрогенерации, тыс. руб.;

$\Delta K_{T,i}$ – снижение капитальных вложений в объекты тепловой генерации, тыс. руб.;

Г.2.7 Увеличение капитальных вложений в объекты электрогенерации $\Delta K_{Э,i}$, тыс. руб., определяют по формуле

$$\Delta K_{Э,i} = (P_{Э,i}^{\text{тст}} - P_{Э,T,i}^{\text{баз}} - P_{Э,Х,i}^{\text{баз}}) \cdot C_{ЭГ,i}, \quad (\text{Г.16})$$

где $P_{Э,i}^{\text{тст}}$, $P_{Э,T,i}^{\text{баз}}$, $P_{Э,Х,i}^{\text{баз}}$ – см. формулу (Г.3), но определяемые для соответствующего года i ;

$C_{ЭГ,i}$ – удельные капитальные вложения в объекты электрогенерации, тыс. руб./кВт.

Г.2.8 Увеличение капитальных вложений в объекты тепловой генерации $\Delta K_{T,i}$, тыс. руб., определяют по формуле

$$\Delta K_{T,i} = (Q_{T,i}^{\text{баз}} - Q_{O,i}^{\text{вит}} - Q_{ГВ,i}^{\text{вит}}) \cdot C_{ТГ,i}, \quad (\text{Г.17})$$

где $Q_{T,i}^{\text{баз}}$ – см. формулу (Г.5), но определяют для соответствующего года i ;

$Q_{O,i}^{\text{вит}}$, $Q_{ГВ,i}^{\text{вит}}$ – см. приложение В, но определяемые для соответствующего года i ;

$C_{ТГ,i}$ – удельные капитальные вложения в объекты тепловой генерации, тыс. руб./кВт.

Г.2.9 Снижение затрат на эксплуатацию инфраструктуры $\Delta Э_i^M$, тыс. руб., определяют по формуле

$$\Delta Э_i^M = \Delta Э_{T,i} - \Delta Э_{Э,i}, \quad (\text{Г.18})$$

где $\Delta Э_{T,i}$ – снижение затрат на эксплуатацию тепловых сетей и объектов тепловой генерации, тыс. руб.;

$\Delta Э_{Э,i}$ – увеличение затрат на эксплуатацию электрических сетей и объектов электрогенерации, тыс. руб.

Г.2.9 По результатам расчетов заполняют таблицу Г.1. По решению проектной организации таблица может быть дополнена.

Таблица Г.1 – Показатели технико-экономической эффективности применения ТСТ

Показатель	Обозначение	Расчетное значение ¹⁾
Исходные данные для энергетических расчетов		
1 Расчетная мощность систем отопления и вентиляции, кВт	$Q_{об}^p$	
2 Тепловая нагрузка горячего водоснабжения в течение часа максимального водопотребления, кВт	$Q_{ГВС}^{max}$	
3 Продолжительность отопительного периода, сут	$z_{от}$	
4 Тип используемого источника низкопотенциальной теплоты	–	
5 Тип используемых вспомогательных источников тепла	–	
Характерные температуры		
6 Расчетная температура наружного воздуха, °С	t_n	
7 Расчетная температура внутреннего воздуха, °С	$t_{вн}$	
8 Расчетная температура теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления, °С	$t_{п}^p$	
9 Расчетная температура теплоносителя в обратном трубопроводе системы отопления, °С	$t_{о}^p$	
10 Температура холодной воды, °С	t_c	
11 Температура горячей воды, °С	t_h	
12 Температура теплоносителя на входе в испаритель, °С	$t_{инт}$	
13 Температура теплоносителя на выходе из конденсатора теплового насоса, °С	$t_{тн}$	
Расчетные мощности		
14 Расчетная тепловая мощность тепловых насосов системы отопления и вентиляции, кВт	$Q_{об}^{тн}$	
15 Расчетная тепловая мощность вспомогательных источников тепла системы отопления и вентиляции, кВт	$Q_{об}^{вит}$	
16 Расчетная тепловая мощность тепловых насосов системы горячего водоснабжения, кВт	$Q_{ГВС}^{тн}$	
17 Расчетная тепловая мощность вспомогательного источника тепла системы горячего водоснабжения, кВт	$Q_{ГВС}^{вит}$	
Энергетические параметры		
18 Выработка тепловой энергии тепловым насосом на отопление и вентиляцию за год, кВт·ч	$W_{об}^{тн}$	
19 Выработка тепловой энергии вспомогательным источником тепла на отопление и вентиляцию за год, кВт·ч	$W_{об}^{вит}$	
20 Выработка тепловой энергии тепловым насосом на горячее водоснабжение за год, кВт·ч	$W_{ГВС}^{тн}$	
21 Выработка тепловой энергии вспомогательным источником тепла на горячее водоснабжение за год, кВт·ч	$W_{ГВС}^{вит}$	

22 Потребление электрической энергии тепловым насосом на отопление и вентиляцию за год, кВт·ч	$E_{ОВ}^{ТН}$	
23 Потребление энергии вспомогательным источником тепла на отопление и вентиляцию за год, кВт·ч	$E_{ОВ}^{ВИТ}$ или $W_{ОВ}^{ВИТ}$	
24 Потребление электрической энергии тепловым насосом на горячее водоснабжение за год, кВт·ч	$E_{ГВС}^{ТН}$	
25 Потребление энергии вспомогательным источником тепла на горячее водоснабжение за год, кВт·ч	$E_{ГВС}^{ВИТ}$ или $W_{ГВС}^{ВИТ}$	
26 Сезонная характеристика эффективности теплонасосной системы	SPF	
Исходные данные для экономических расчетов		
27 Удельная стоимость технологического присоединения к электрическим сетям, $\frac{\text{тыс.руб.}}{\text{кВт}}$	$C_Э$	
28 Удельная стоимость технологического присоединения к сетям централизованного теплоснабжения, газовым сетям и т. п., $\frac{\text{тыс.руб.}}{\text{кВт}}$	$C_Т$	
29 Тариф на электрическую энергию, пик/полупик/ночь, $\frac{\text{руб.}}{\text{кВт·ч}}$	$T_Э$	
30 Тариф на тепловую энергию с учетом стоимости используемого топлива, расходов на его доставку и хранение, а также его теплотворной способности, $\frac{\text{руб.}}{\text{кВт·ч}}$	$T_Т$	
31 Расчетная норма (ставка) дисконтирования	r	
Экономические параметры		
32 Дополнительные капитальные вложения в ТСТ, тыс. руб.	ΔK	
33 Снижение годовых эксплуатационных затрат при использовании ТСТ, тыс. руб.	$\Delta Э$	
34 Простой срок окупаемости дополнительных капитальных вложений в ТСТ, лет	S	
35 Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.	ЧДД	
36 Муниципальный чистый дисконтированный доход ²⁾ , тыс. руб.	ЧДД ^м	
¹⁾ Заполняет проектная организация. ²⁾ Заполняют для ТСТ, создаваемых с использованием средств бюджетного финансирования.		

Приложение Д

Испытания термоскважин на герметичность

Д.1 Грунтовые теплообменники из полимерных труб поставляют с присоединенными оконечниками, прошедшими выходной контроль предприятия-изготовителя (опрессованными).

Д.2 В процессе монтажа термоскважины испытывают на герметичность.

Д.3 Испытания проводят с использованием следующего оборудования:

- насоса высокого давления или ручного опрессовочного устройства;
- двух запорных кранов;
- манометра;
- воздухоотводчика.

Схема проведения испытаний показана на рисунке Д.1.

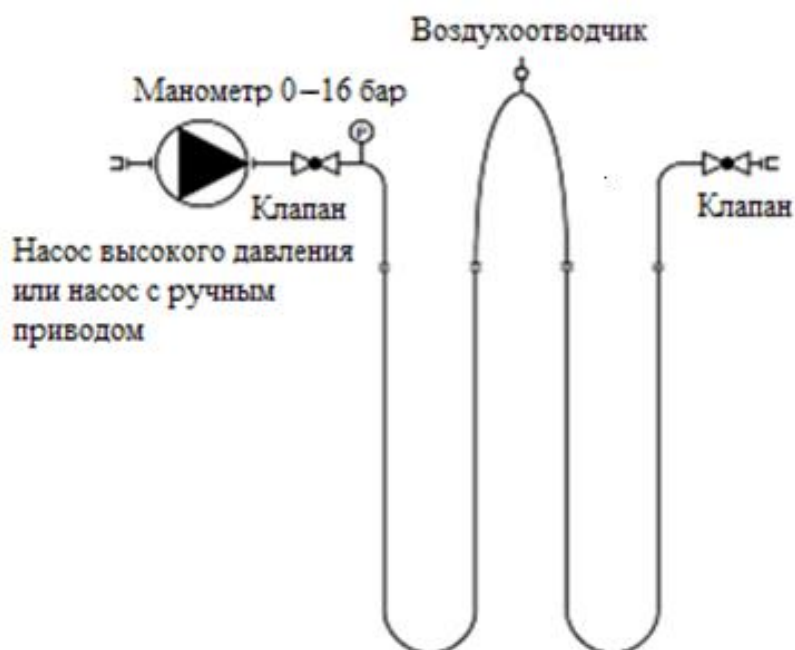


Рисунок Д.1 – Схема проведения испытаний термоскважины на герметичность

Д.4 Испытания проводят непосредственно после заполнения скважины тампонажным раствором, до его отверждения.

Д.5 Для создания давления следует использовать устройства, обеспечивающие плавный подъем давления;

Д.6 Последовательность проведения испытаний показана на рисунке В.2 и состоит из следующих этапов:

1 – заполнение водой водопроводного качества и выдержка в течение 3 ч до полного удаления пузырьков воздуха без подачи избыточного давления;

2 – подача испытательного давления в соответствии с таблицей Д.1 (для труб из ПЭ100, PN16, SDR11. При использовании других материалов данные таблицы Д.1 следует корректировать с учетом технических характеристик применяемых труб);

3 – выдержка при испытательном давлении в течение 10 мин;

4 – выдержка в течение 1 ч, пока трубы по всей длине расширятся. Наблюдение за показанием манометра: снижение давления более чем на 30 % не допускается;

5 – резкое снижение давления не менее чем на 10 % испытательного давления;

6 – измерение давления через 10 (точка 6А), 20 (точка 6В), и 30 (точка 6С) мин.;

7 – испытания признают успешными, если снижение давления, измеренного через 10 мин (точка 6А) и через 30 мин (точка 6С) составляет не более 0,01 МПа.

Таблица Д.1 – Испытательное давление для проведения испытаний термоскважины на герметичность (материал – ПЭ100, PN16, SDR11)

Глубина погружения, м	Испытательное давление, МПа, при плотности тампонажного раствора, кг/м ³				
	1200	1400	1600	1800	2000
60	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1
80	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
100	0,8	0,9	1,1	1,4	1,7
120	0,8	1,0	1,3	1,7	2,1
140	0,8	1,1	1,5	1,9	2,4 ¹⁾
160	0,9	1,2	1,7	2,2 ¹⁾	2,7 ¹⁾
180	0,9	1,3	1,9	2,5 ¹⁾	3,1 ¹⁾
200	0,9	1,4	2,1 ¹⁾	2,7 ¹⁾	3,4 ¹⁾

¹⁾ Проверяют по данным на используемые изделия.

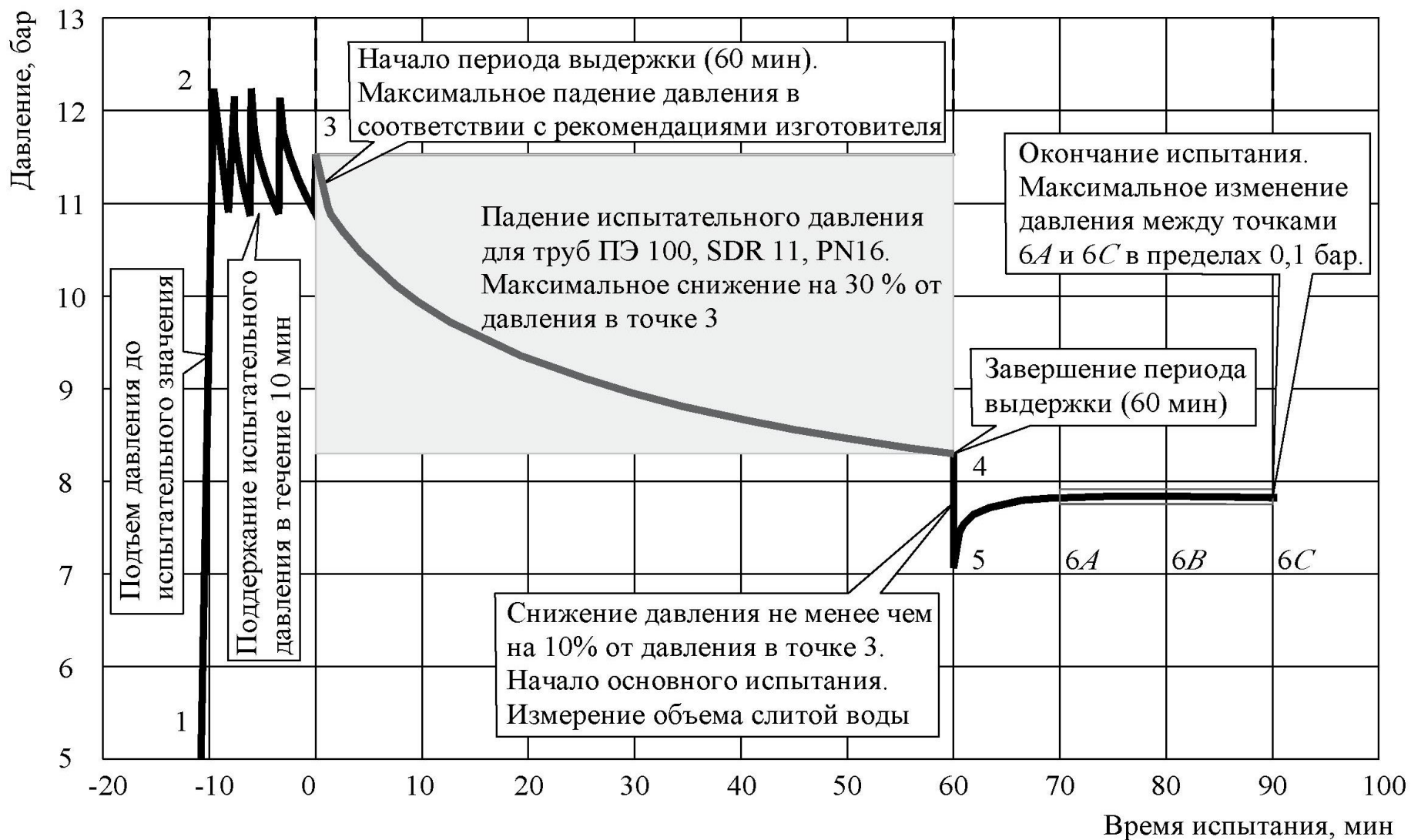


Рисунок Д.2 – Последовательность испытаний грунтовых теплообменников

Приложение Е

Районирование территории Российской Федерации по эффективности теплонасосных систем

Е.1 При подготовке настоящего приложения использован следующий порядок расчета коэффициента преобразования энергии ТСТ.

В качестве критерия оценки эффективности использования ТСТ для горячего водоснабжения принят коэффициент преобразования низкопотенциальной тепловой энергии $K_{пр}$ на пятый год эксплуатации теплонасосной системы, рассчитываемый по формуле (10.3),

где $t_k=273+63$, К;

$t_{и}=t_{инт}+273 - 4$, К, – при использовании грунта;

$t_{и}=t_{инт}+273 - 10$, К, – при использовании атмосферного воздуха;

$\eta = 0,55$ – КПД теплового насоса;

$t_{инт}$ – температура источника, °С.

Температура $t_{инт}$ принята равной:

- среднегодовой температуре атмосферного воздуха $t_{ср.г}^B$ по СП 131.13330 при использовании атмосферного воздуха, °С;

- температуре грунта на пятый год эксплуатации теплонасосной системы теплоснабжения $t_5^Г$ при использовании грунта, °С.

Температура грунта на пятый год эксплуатации теплонасосной системы теплоснабжения:

- при работе системы с использованием одного источника низкопотенциальной теплоты – грунта: $t_5^Г = t_{ср.г}^B - 7$;

- при работе системы с использованием комбинации источников низкопотенциальной теплоты – грунта и атмосферного воздуха: $t_5^Г = t_{ср.г}^B - 5$.

При этом для случая использования комбинации источников низкопотенциальной теплоты – грунта и атмосферного воздуха, – принято, что на протяжении всего года в месяцы, когда среднемесячная температура атмосферного воздуха ниже минус 2 °С, система использует грунт, в остальное время – атмосферный воздух.

Результаты приведены на рисунках Е.1 и Е.2.

Е.2 При подготовке настоящего приложения использован порядок расчета удельного расхода электроэнергии на привод теплонасосной системы для горячего водоснабжения и кондиционирования, приведенный к площади квартир.

По полученным выше значениям коэффициента преобразования $K_{пр}$ определяется удельный расход электроэнергии N , кВт·ч/м² в год на ГВС от ТСТ

$$N = \frac{Q_{ГВ}^{баз}}{K_{пр}}, \quad (E.1)$$

где $Q_{ГВ}^{баз} = 90$ кВт·ч/м² в год принятый удельный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение для МКД.

Результаты приведены на рисунках Е.3 и Е.4.

Е.3 При подготовке настоящего приложения использован следующий порядок расчета эффективности теплонасосной системы для обеспечения горячего водоснабжения и кондиционирования.

При определении эффективности теплонасосной системы для обеспечения горячего водоснабжения и кондиционирования $K_{пр}^{ГВ,х}$ выполняют расчет по формуле, учитывающей полезную выработку тепла для ГВС и холода для кондиционирования

$$K_{пр}^{ГВ,х} = \frac{Q_{ГВ}^{баз} + Q_x}{N}, \quad (E.2)$$

где $Q_{ГВ}^{баз}$, N – см. формулу (Е.1);

$Q_x = \frac{N}{12} \cdot 3,5 \cdot n$ – холод, вырабатываемый ТСТ за период кондиционирования при производстве горячей воды, кВт·ч/м² в год;

n – период кондиционирования, определяемый как количество месяцев в году за вычетом продолжительности отопительного периода и двух месяцев переходного периода.

Результаты показаны на рисунках Е.5 и Е.6.

Е.4 При подготовке настоящего приложения использован порядок расчета климатологического фактора.

Климатологический фактор DH_{hps} , °С·ч, используемый в качестве критерия эффективности применения теплонасосных систем теплоснабжения и учитывающий влияние климатологических параметров на коэффициент преобразования энергии в ТСТ, определяют по формуле

$$DH_{hps} = \sum_{i=1}^n (t_{вн} - t_{н,i}^{cp}) \cdot z_i \cdot 24 \cdot \frac{t_k - (t_{н,i} - 5)}{t_k \cdot \eta}, \quad (E.3)$$

где t_k – температура конденсации, К, принята равной температуре теплоносителя на выходе из теплового насоса и входе в систему отопления;

$t_k = t_{тн} + 273$;

$t_{вн}$ – см. формулу (7.1), °С;

$t_{н,i}^{cp}$ – средняя за отопительный период или период эксплуатации ТСТ температура атмосферного воздуха, принимают по СП 131.13330, °С;

z_i – продолжительность использования источника низкопотенциальной теплоты теплонасосной системой за отопительный сезон, принимают по СП 131.13330, сут;

i – номер периода, в течение которого используют источник низкопотенциальной теплоты;

$t_{н,i}$ – средняя температура источника низкопотенциальной теплоты за отопительный сезон или за период эксплуатации ТСТ, К;

n – количество периодов использования различных источников в году.

η – КПД теплового насоса, принят равным 0,55.

Величину $t_{и,i}$ на пятый год эксплуатации теплонасосной системы принимают на основе данных СП 131.13330:

- для ТСТ с вертикальными термоскважинами в первый месяц использования равной среднегодовой температуре атмосферного воздуха, уменьшенной на 5 °С, и далее уменьшалась на 1 °С за каждый месяц использования источника;

- для ТСТ с комбинированным источником в месяцы работы системы от атмосферного воздуха (до температуры минус 2 °С включительно) – равной средней за месяц температуре атмосферного воздуха, в месяцы работы системы на грунте (при температуре воздуха ниже минус 2 °С) – равной среднегодовой температуре атмосферного воздуха, уменьшенной на 5 °С с дальнейшим уменьшением на 1 °С за каждый месяц использования грунта.

Если источник низкопотенциальной теплоты используют несколько периодов в году, то каждому из периодов присваивают свой номер. Отопительный сезон условно разделяют на периоды, в которых используют выбранный источник: грунт или атмосферный воздух.

Результаты, представленные на рисунках Е.7–Е.10, получены для значений $t_{ТН} = 35$ °С и $t_{ТН} = 55$ °С, которые соответствуют номинальным условиям применения тепловых насосов, установленным ГОСТ Р 54539. Значение $t_{ТН} = 35$ °С относится к напольным и воздушным системам отопления, $t_{ТН} = 55$ °С – к радиаторным.

Значение температурного напора между теплоносителем на входе в систему отопления и внутренним воздухом помещения h_t , °С, вычисляется как:

$$h_t = t_{ТН} - t_{вн} \quad (E.4)$$

$h_t = 35 - 20 = 15$ °С соответствует температуре теплоносителя, подаваемого в систему отопления $t_{ТН} = 35$ °С, а значение $h_t = 55 - 20 = 35$ °С – температуре $t_{ТН} = 55$ °С, при этом температуру внутреннего воздуха в помещении $t_{вн}$ принимают равной 20 °С, что соответствует оптимальной температуре для жилых комнат в холодный период в соответствии с ГОСТ 30494–2011 (таблица 1).

Е.5 Значение годового потребления энергии теплонасосной системой на цели отопления и вентиляции $E_o^{ТН}$, кВт·ч, определяют по формуле

$$E_o^{ТН} = 0,001 \cdot DN_{hps} \cdot q_{от}^p \cdot V_{от}, \quad (E.5)$$

где $q_{от}^p$ – удельная характеристика расхода зданием тепловой энергии на отопление и вентиляцию, определяемая по СП 50.13330, Вт/(м³·°С);

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м³.



Рисунок E.1 – Коэффициент преобразования энергии теплонасосной системой теплоснабжения для горячего водоснабжения, дол. ед., при использовании в качестве источника низкопотенциальной теплоты грунта



Рисунок E.3 – Удельный расход электроэнергии на привод теплонасосной системы теплоснабжения для горячего водоснабжения и кондиционирования, приведенный к площади квартир, при использовании в качестве источника низкопотенциальной теплоты грунта, кВт·ч/м²



Рисунок E.7 – Климатологический фактор DH_{hps} , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{ч}$, при $t_{\text{TH}} = 35^{\circ}\text{C}$ и $h_t = 15^{\circ}\text{C}$. Источник низкопотенциальной теплоты – грунт



Рисунок E.8 – Климатологический фактор DH_{hps} , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{ч}$, при $t_{\text{TH}} = 55^{\circ}\text{C}$ и $h_t = 35^{\circ}\text{C}$. Источник низкопотенциальной теплоты – грунт



Рисунок E.9 – Климатологический фактор DH_{hps} , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{ч}$, при $t_{\text{TH}} = 35^{\circ}\text{C}$ и $h_t = 15^{\circ}\text{C}$. Источник низкопотенциальной теплоты – комбинация грунта и атмосферного воздуха



Рисунок Е.10 – Климатологический фактор DH_{hps} , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{ч}$, при $t_{\text{TH}} = 55^{\circ}\text{C}$ и $t_t = 35^{\circ}\text{C}$. Источник низкопотенциальной теплоты – комбинация грунта и атмосферного воздуха

Приложение Ж

Примеры расчета параметров теплонасосной системы

Ж.1 Расчет ТСТ для отопления здания производственного склада в городе Москве

Ж.1.1 Исходные данные для расчета:

а) расчетные тепловые мощности систем-потребителей тепла:

$Q_{\text{ОВ}}^{\text{р}} = 240$ кВт – расчетная мощность системы отопления;

б) характерные температуры:

$t_{\text{ВН}} = 16$ °С, – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_{\text{Н}} = -26$ °С – расчетная температура наружного воздуха для Москвы в соответствии с СП 131.13330;

$t_{\text{П}}^{\text{р}} = 35$ °С, $t_{\text{О}}^{\text{р}} = 25$ °С – расчетные температуры теплоносителя в системе отопления, соответственно в подающем и обратном трубопроводах;

в) характеристики режима работы тепловых насосов:

источник низкопотенциальной теплоты – атмосферный воздух;

данные по конкретным моделям тепловых насосов отсутствуют;

$t_{\text{ТН}} = 35$ °С – температура теплоносителя на выходе из конденсатора теплового насоса;

где $t_{\text{В}} = -20$ °С – принятая предельная минимальная температура наружного воздуха, при которой обеспечивается работоспособность теплового насоса (приложение А, точка В);

г) другие параметры:

$z_{\text{от}} = 204$ сут – продолжительность отопительного периода для Москвы в соответствии с СП 131.13330;

продолжительность стояния температур в течение отопительного периода для Москвы.

Ж.1.2 Для случая использования атмосферного воздуха в качестве источника низкопотенциальной теплоты при $t_{\text{Н}} < t_{\text{В}}$ следует применять бивалентную альтернативную или бивалентную комбинированную конфигурацию ТСТ в соответствии с таблицей 7.1. В отсутствие данных по характеристикам конкретного теплового насоса принимают бивалентную альтернативную конфигурацию.

Ж.1.3 Для бивалентной конфигурации ТСТ температура теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса (согласно В.3) составляет

$$t_{\text{ИНТ}} = t_{\text{В}} = -20 \text{ °С.}$$

Ж.1.4 Расчетную тепловую мощность тепловых насосов системы отопления и вентиляции при $t_{\text{Н}} < t_{\text{В}}$ определяют по формуле (В.6), принимая $t^j = t_{\text{В}}$:

$$Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{р}} \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t_{\text{В}}}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{Н}}} = 240 \cdot \frac{16 - (-20)}{16 - (-26)} = 205,71 \text{ кВт.}$$

Ж.1.5 Расчетная тепловая мощность вспомогательных источников тепла системы отопления и вентиляции для тепловых насосов, использующих в качестве источника низкопотенциальной теплоты воздух, при $t_n < t_b$ составляет

$$Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{П}} = 240 \text{ кВт.}$$

Ж.1.6 Годовую выработку тепловой энергии на отопление и вентиляцию определяют с учетом кумулятивного времени стояния температур наружного воздуха в течение отопительного сезона для Москвы.

Для каждого значения температуры наружного воздуха в диапазоне от расчетной температуры наружного воздуха t_n до температуры начала отопительного сезона $t_{\text{нач}}$ (принимают равной 8 °С) выполняют расчеты по формулам (В.6)–(В.13) (В.12–В.21).

Ж.1.7 Температура теплоносителя на входе в испаритель равна $t_{\text{инт}}^j = t^j$. Выполняют расчет параметров ТСТ для температуры начала отопительного периода $t_{\text{нач}} = 8$ °С.

Ж.1.8 Нагрузку отопления и вентиляции при температуре наружного воздуха $t^j = 8$ °С определяют по формуле (В.6)

$$Q_{\text{ОВ}}^j = Q_{\text{ОВ}}^{\text{П}} \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t^j}{t_{\text{ВН}} - t_n} = 240 \cdot \frac{16 - 8}{16 - (-26)} = 45,7 \text{ кВт.}$$

Ж.1.9 Температуры теплоносителя системы отопления и вентиляции по формулам (В.7) и (В.8) составляют

$$t_{\text{п}}^j = t_{\text{ВН}} + (t_{\text{п}}^{\text{П}} - t_{\text{ВН}}) \times \frac{Q_{\text{ОВ}}^j}{Q_{\text{ОВ}}^{\text{П}}} = 16 + (35 - 16) \cdot \frac{45,7}{240} = 19,6 \text{ °С};$$

$$t_{\text{о}}^j = t_{\text{ВН}} + (t_{\text{о}}^{\text{П}} - t_{\text{ВН}}) \times \frac{Q_{\text{ОВ}}^j}{Q_{\text{ОВ}}^{\text{П}}} = 16 + (25 - 16) \cdot \frac{45,7}{240} = 17,7 \text{ °С.}$$

Температура теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса $t_{\text{инт}}^j = t^j = 8$ °С.

Ж.1.10 Поскольку $t_{\text{п}}^j = 19,6$ °С < $t_{\text{ТН}} = 35$ °С, доля тепловой нагрузки отопления и вентиляции, покрываемая за счет работы теплового насоса $D_{\text{ОВ}}^j = 1$.

Ж.1.11 Поскольку данные по техническим характеристикам теплового насоса отсутствуют, коэффициент преобразования энергии вычисляют по формуле (10.2)

$$K_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{к}}}{t_{\text{к}} - t_{\text{и}}} \cdot \eta = \frac{297,6}{297,6 - 271} \cdot 0,45 = 5,03,$$

где $t_{\text{к}} = t_{\text{п}}^j + 273 + 5 = 19,6 + 273 + 5 = 297,6$ К – температура конденсации паров хладагента согласно 10.2;

$t_{\text{и}} = t_{\text{инт}}^j + 273 - 10 = 8 + 273 - 10 = 271$ К – температура кипения хладагента согласно 10.2. Разница между температурой кипения хладагента и температурой атмосферного воздуха принята равной 10 °С, т. к. воздушные испарители имеют, как правило, достаточно высокий температурный напор;

$\eta = 0,45$ – КПД теплового насоса, принятый в соответствии с таблицей 10.1 для герметичного компрессора.

Ж.1.12 Требуемая тепловая мощность теплового насоса по формуле (В.9)

$$Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} = Q_{\text{ОВ}}^j \cdot D_{\text{ОВ}}^j = 45,7 \cdot 1 = 45,7 \text{ кВт.}$$

Ж.1.13 Требуемая тепловая мощность вспомогательного источника тепла по формуле (В.10)

$$Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = Q_{\text{ОВ}}^j \cdot (1 - D_{\text{ОВ}}^j) = 45,7 \cdot (1 - 1) = 0 \text{ кВт.}$$

Ж.1.14 Электрическая мощность вспомогательного источника тепла

$$P_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = 0 \text{ кВт.}$$

Ж.1.15 Выработка тепловой энергии тепловым насосом по формуле (В.11)

$$W_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} \cdot T^j = 45,7 \cdot 114,3 = 5\,225,14 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $T^j=114,3$ ч – кумулятивное время стояния температуры наружного воздуха 8°C в Москве за отопительный период.

Ж.1.16 Выработка тепловой энергии вспомогательным источником тепла по формуле (В.12)

$$W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} \cdot T^j = 0 \cdot 114,3 = 0 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Ж.1.17 Потребление электрической энергии тепловым насосом на отопление и вентиляцию по формуле (В.13)

$$E_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} = \frac{Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} \cdot T^j}{K_{\text{пр}}^j} = \frac{45,7 \cdot 114,3}{5,03} = 1\,038,53 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Ж.1.18 Потребление электрической энергии вспомогательным источником тепла на отопление и вентиляцию $E_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = 0$.

Ж.1.19 Вычисления по Ж.1.7–Ж.1.18 выполняют для всех значений температуры наружного воздуха до расчетной температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$. Результаты сведены в таблицу Ж.1.

Соотношения между основными параметрами рассматриваемой ТСТ приведены на рисунке Ж.1.

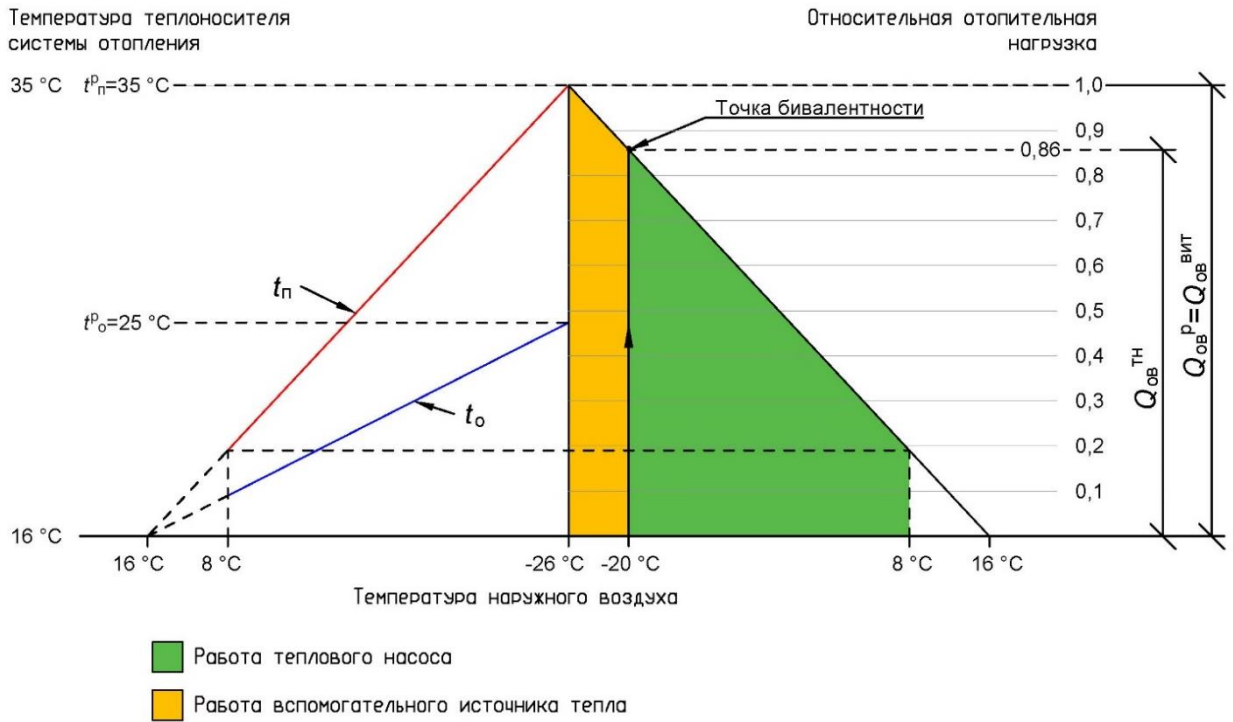


Рисунок Ж.1 – Соотношения между основными параметрами рассматриваемой ТСТ для отопления склада

Таблица Ж.1 – Расчет параметров ТСТ для отопления и вентиляции

Температура наружного воздуха t_i , °С	Продолжительность стояния температуры в течение отопительного периода T_i , ч	Нагрузка отопления и вентиляции $Q_{от,в}$, кВт	Температура теплоносителя в подающем трубопроводе $t_{г,п}$, °С	Температура теплоносителя в обратном трубопроводе $t_{г,об}$, °С	Доля тепловой нагрузки отопления и вентиляции, покрываемая за счет работы теплового насоса $D_{от}$	Температура кипения хладагента в испарителе теплового насоса $t_{г,к}$, К	Температура конденсации паров хладагента в конденсаторе теплового насоса $t_{г,к}$, К	Коэффициент преобразования энергии $K_{сп}$	Требуемая тепловая мощность теплового насоса $Q_{от,тн,в}$, кВт	Требуемая тепловая мощность вспомогательного источника тепла $Q_{от,всп,г}$, кВт	Выработка тепловой энергии тепловым насосом $W_{от,тн,в}$, кВт·ч	Потребление электрической энергии тепловым насосом $E_{от,тн,в}$, кВт·ч	Выработка тепловой энергии вспомогательным источником тепла $W_{от,всп,г}$, кВт·ч
-26	4,23	240,0	35,0	25,0	0	-	-	-	-	240,00	-	-	1 015,20
-25	5,47	234,3	34,5	24,8	0	-	-	-	-	234,29	-	-	1 281,54
-24	7,2	228,6	34,1	24,6	0	-	-	-	-	228,57	-	-	1 645,71
-23	7,7	222,9	33,6	24,4	0	-	-	-	-	222,86	-	-	1 716,00
-22	12,27	217,1	33,2	24,1	0	-	-	-	-	217,14	-	-	2 664,34
-21	13,7	211,4	32,7	23,9	0	-	-	-	-	211,43	-	-	2 896,57
-20	19,03	205,7	32,3	23,7	1	243,0	310,3	2,08	205,71	0,00	3 914,74	1 886,48	0,00
-19	23,17	200,0	31,8	23,5	1	244,0	309,8	2,12	200,00	0,00	4 634,00	2 188,07	0,00
-18	32,23	194,3	31,4	23,3	1	245,0	309,4	2,16	194,29	0,00	6 261,83	2 895,69	0,00
-17	41,63	188,6	30,9	23,1	1	246,0	308,9	2,21	188,57	0,00	7 850,23	3 553,53	0,00
-16	51,07	182,9	30,5	22,9	1	247,0	308,5	2,26	182,86	0,00	9 338,51	4 135,71	0,00
-15	55,13	177,1	30,0	22,6	1	248,0	308,0	2,31	177,14	0,00	9 765,89	4 229,01	0,00
-14	63,53	171,4	29,6	22,4	1	249,0	307,6	2,36	171,43	0,00	10 890,86	4 608,82	0,00
-13	74,1	165,7	29,1	22,2	1	250,0	307,1	2,42	165,71	0,00	12 279,43	5 075,04	0,00
-12	85,9	160,0	28,7	22,0	1	251,0	306,7	2,48	160,00	0,00	13 744,00	5 544,08	0,00
-11	94,23	154,3	28,2	21,8	1	252,0	306,2	2,54	154,29	0,00	14 538,34	5 719,93	0,00
-10	102,2	148,6	27,8	21,6	1	253,0	305,8	2,61	148,57	0,00	15 184,00	5 822,52	0,00
-9	115,37	142,9	27,3	21,4	1	254,0	305,3	2,68	142,86	0,00	16 481,43	6 155,17	0,00
-8	125,4	137,1	26,9	21,1	1	255,0	304,9	2,75	137,14	0,00	17 197,71	6 250,13	0,00
-7	147	131,4	26,4	20,9	1	256,0	304,4	2,83	131,43	0,00	19 320,00	6 827,02	0,00
-6	168,57	125,7	26,0	20,7	1	257,0	304,0	2,91	125,71	0,00	21 191,66	7 274,52	0,00
-5	202,03	120,0	25,5	20,5	1	258,0	303,5	3,00	120,00	0,00	24 243,60	8 076,76	0,00
-4	219,27	114,3	25,0	20,3	1	259,0	303,0	3,10	114,29	0,00	25 059,43	8 094,13	0,00
-3	248,63	108,6	24,6	20,1	1	260,0	302,6	3,20	108,57	0,00	26 994,11	8 444,14	0,00
-2	276,2	102,9	24,1	19,9	1	261,0	302,1	3,30	102,86	0,00	28 409,14	8 596,62	0,00
-1	319,63	97,1	23,7	19,6	1	262,0	301,7	3,42	97,14	0,00	31 049,77	9 077,59	0,00
0	407,53	91,4	23,2	19,4	1	263,0	301,2	3,55	91,43	0,00	37 259,89	10 510,31	0,00
1	400,23	85,7	22,8	19,2	1	264,0	300,8	3,68	85,71	0,00	34 305,43	9 323,36	0,00
2	303,3	80,0	22,3	19,0	1	265,0	300,3	3,83	80,00	0,00	24 264,00	6 343,53	0,00
3	231,13	74,3	21,9	18,8	1	266,0	299,9	3,98	74,29	0,00	17 169,66	4 310,78	0,00
4	200,83	68,6	21,4	18,6	1	267,0	299,4	4,16	68,57	0,00	13 771,20	3 314,32	0,00
5	168,13	62,9	21,0	18,4	1	268,0	299,0	4,34	62,86	0,00	10 568,17	2 433,21	0,00
6	143,6	57,1	20,5	18,1	1	269,0	298,5	4,55	57,14	0,00	8 205,71	1 803,42	0,00
7	127,8	51,4	20,1	17,9	1	270,0	298,1	4,78	51,43	0,00	6 572,57	1 375,52	0,00
8	114,3	45,7	19,6	17,7	1	271,0	297,6	5,03	45,71	0,00	5 225,14	1 038,53	0,00
Всего											475 690,46	154 907,93	11 219,37

Ж.1.20 Сезонная характеристика эффективности теплонасосной системы в случае применения в качестве вспомогательных источников тепла электрических нагревателей по формуле (В.17)

$$\text{SPF} = \frac{W_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} + W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} + W_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} + W_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}}{E_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} + E_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} + E_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} + E_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}} = \frac{475\,690,46 + 11\,219,37 + 0 + 0}{154\,907,93 + 11\,219,37 + 0 + 0} = 2,93.$$

Ж.1.21 Доля тепловой энергии, вырабатываемой вспомогательным источником тепла в течение года

$$\frac{11\,219,37}{475\,690,46} \cdot 100\% = 2,3\% < 10\%.$$

Рекомендация 8.2.3 выполнена.

Ж.2 Расчет теплонасосной системы теплохладоснабжения для отопления и горячего водоснабжения многоквартирного дома в Москве

Ж.2.1 Исходные данные для расчета:

а) расчетные тепловые мощности систем-потребителей тепла:

$Q_{\text{ОВ}}^{\text{P}} = 430$ кВт – расчетная мощность системы отопления и вентиляции;

$Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = 332$ кВт – тепловая нагрузка горячего водоснабжения в течение часа максимального водопотребления;

б) характерные температуры:

$t_{\text{вн}} = 20$ °С, – расчетная температура внутреннего воздуха;

$t_{\text{н}} = -26$ °С – расчетная температура наружного воздуха для Москвы в соответствии с СП 131.13330;

$t_{\text{н}}^{\text{P}} = 70$ °С, $t_{\text{о}}^{\text{P}} = 55$ °С – расчетные температуры теплоносителя в системе отопления, соответственно в подающем и обратном трубопроводах;

$t_{\text{с}} = 5$ °С; $t_{\text{h}} = 63$ °С – температуры холодной и горячей воды соответственно;

в) характеристики режима работы тепловых насосов:

источник низкопотенциальной теплоты – грунт;

$t_{\text{ТН}} = 57$ °С – температура теплоносителя на выходе из конденсатора теплового насоса;

г) другие параметры:

$z_{\text{от}} = 204$ сут – продолжительность отопительного периода для города Москвы в соответствии с СП 131.13330;

$t_{\text{прир}} = 5,6$ °С – температура грунта в природном, невозмущенном состоянии, равная среднегодовому значению температуры наружного воздуха в соответствии с СП 131.13330;

продолжительность стояния температур в течение отопительного периода для Москвы.

Ж.2.2 Для случая использования грунта в качестве источника низкопотенциальной теплоты применяют бивалентную вспомогательную конфигурацию ТСТ в соответствии с таблицей 7.1.

Ж.2.3 Температура теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса согласно В.3 (термоскважины)

$$t_{\text{инт}} = t_{\text{прир}} - 7\text{ °С} = 5,6 - 7 = -1,4\text{ °С}.$$

Ж.2.4 Расчетную тепловую мощность тепловых насосов системы отопления и вентиляции при $t_{\text{ТН}} > t_0^{\text{п}}$ определяют по формуле (В.1)

$$Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{п}} \cdot \frac{t_{\text{ТН}} - t_{\text{ВН}}}{t_{\text{п}}^{\text{п}} - t_{\text{ВН}}} = 430 \cdot \frac{57 - 20}{70 - 20} = 430 \cdot 0,74 = 318,2 \text{ кВт.}$$

Ж.2.5 Расчетная тепловая мощность вспомогательных источников тепла системы отопления и вентиляции по формуле (В.2) составляет

$$Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{п}} \cdot \left(1 - \frac{t_{\text{ТН}} - t_0^{\text{п}}}{t_{\text{п}}^{\text{п}} - t_0^{\text{п}}}\right) = 430 \cdot \left(1 - \frac{57 - 55}{70 - 55}\right) = 372,7 \text{ кВт.}$$

Ж.2.6 Расчетная тепловая мощность тепловых насосов системы горячего водоснабжения (при использовании суточного аккумулирования) по формуле (В.3) составляет

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{h}} \cdot \frac{t_{\text{ТН}} - t_{\text{с}}}{t_{\text{h}} - t_{\text{с}}} \cdot k_{\text{акк}} = 132,8 \cdot \frac{57 - 5}{63 - 5} \cdot 1,1 = 142,87 \text{ кВт,}$$

где $Q_{\text{ГВС}}^{\text{h}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} \cdot 0,4 = 332 \cdot 0,4 = 132,8 \text{ кВт}$ – тепловая нагрузка горячего водоснабжения по среднечасовому за сутки расходу горячей воды;

$k_{\text{акк}} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий потери тепла при хранении согласно 7.6.7.

Ж.2.7 Расчетная тепловая мощность вспомогательного источника тепла системы горячего водоснабжения для проточного нагревателя по формуле (В.4) составляет

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} \cdot \frac{t_{\text{h}} - t_{\text{ТН}}}{t_{\text{h}} - t_{\text{с}}} = 332 \cdot \frac{63 - 57}{63 - 5} = 34,34 \text{ кВт.}$$

Ж.2.8 Для обеспечения требуемой тепловой мощности $Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}}$ и $Q_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}}$ при температурах теплоносителя на входе в испаритель $t_{\text{ИНТ}} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ и теплоносителя на выходе из конденсатора $t_{\text{ТН}} = 57 \text{ }^\circ\text{C}$ выбирают модель теплового насоса. Характеристики выбранного теплового насоса при указанных параметрах

$$Q_{\text{ТН}} = 159,1 \text{ кВт;}$$

$$P_{\text{ТН}} = 59,1 \text{ кВт;}$$

$$K_{\text{пр}} = 2,69.$$

Для покрытия нагрузок отопления и вентиляции необходимо два таких тепловых насоса.

Значение коэффициента преобразования энергии от температуры теплоносителя на выходе из конденсатора при $t_{\text{ИНТ}} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ приведены в таблице Ж.2.

Т а б л и ц а Ж.2 – Коэффициент преобразования энергии выбранного теплового насоса при $t_{\text{ИНТ}} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_{\text{ТН}}, \text{ }^\circ\text{C}$	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$K_{\text{пр}}$	7,15	6,45	5,84	5,26	4,70	4,19	3,70	3,25	2,84	2,48

Ж.2.9 Годовую выработку тепловой энергии на отопление и вентиляцию выполняют с учетом кумулятивного времени стояния температур наружного воздуха в течение отопительного сезона для Москвы.

Для каждого значения температуры наружного воздуха в диапазоне от расчетной температуры наружного воздуха t_n до температуры начала отопительного сезона $t_{нач}$ (принимают равной 8 °С) выполняют расчеты по формулам (В.6)–(В.13) (В.12–В.21).

Ж.2.10 Выполняют расчет параметров ГСТ для температуры $t^j = -20$ °С. Нагрузку отопления и вентиляции определяют по формуле (В.6)

$$Q_{ОВ}^j = Q_{ОВ}^p \cdot \frac{t_{ВН} - t^j}{t_{ВН} - t_n} = 430 \cdot \frac{20 - (-20)}{20 - (-26)} = 373,9 \text{ кВт.}$$

Ж.2.11 Температуры теплоносителя системы отопления и вентиляции по формулам (В.7) и (В.8):

$$t_{П}^j = t_{ВН} + (t_{П}^p - t_{ВН}) \cdot \frac{Q_{ОВ}^j}{Q_{ОВ}^p} = 20 + (70 - 20) \cdot \frac{373,9}{430} = 63,5 \text{ °С;}$$

$$t_{О}^j = t_{ВН} + (t_{О}^p - t_{ВН}) \cdot \frac{Q_{ОВ}^j}{Q_{ОВ}^p} = 20 + (55 - 20) \cdot \frac{373,9}{430} = 50,4 \text{ °С.}$$

Ж.2.12 Температура теплоносителя на входе в испаритель теплового насоса

$$t_{ИНТ}^j = t_{ИНТ} = -1,4 \text{ °С.}$$

Ж.2.13 Поскольку $t_{О}^j < t_{ТН} < t_{П}^j$, доля тепловой нагрузки отопления и вентиляции, покрываемая за счет работы теплового насоса

$$D_{ОВ}^j = \frac{t_{ТН} - t_{ВН}}{t_{П}^j - t_{ВН}} = \frac{57 - 50,4}{63,5 - 50,4} = 0,5.$$

Ж.2.14 Температура в подающем трубопроводе системы отопления $t_{П}^j = 63,5$ °С превышает максимальную принятую температуру теплоносителя на выходе из конденсатора $t_{ТН} = 57$ °С. При этом тепловой насос продолжает работать и обеспечивать указанную температуру $t_{ТН} = 57$ °С. Коэффициент преобразования энергии при этом соответствует указанному в Ж.2.8

$$K_{ПР}^j = 2,69.$$

Ж.2.15 Требуемая тепловая мощность теплового насоса по формуле (В.9)

$$Q_{ОВ}^{ТН,j} = Q_{ОВ}^j \cdot D_{ОВ}^j = 373,9 \cdot 0,5 = 187,0 \text{ кВт.}$$

Ж.2.16 Требуемая тепловая мощность вспомогательного источника тепла по формуле (В.10)

$$Q_{ОВ}^{ВИТ,j} = Q_{ОВ}^j \cdot (1 - D_{ОВ}^j) = 373,9 \cdot (1 - 0,5) = 187,0 \text{ кВт.}$$

Ж.2.17 Электрическая мощность вспомогательного источника тепла – электрического нагревателя составляет

$$P_{ОВ}^{ВИТ,j} = Q_{ОВ}^{ВИТ,j} = 187,0 \text{ кВт.}$$

Ж.2.18 Выработка тепловой энергии тепловым насосом по формуле (В.11) составляет

$$W_{ОВ}^{ТН,j} = Q_{ОВ}^{ТН,j} \cdot T^j = 187,0 \cdot 19 = 3\,553,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч,}$$

где $T^j = 19$ ч – кумулятивное время стояния температуры наружного воздуха $t^j = -20$ °С в Москве за отопительный период.

Ж.2.19 Выработка тепловой энергии вспомогательным источником тепла по формуле (В.12) составляет

$$W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = Q_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} \cdot T^j = 187,0 \cdot 19 = 3\,553,0 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Ж.2.20 Потребление электрической энергии тепловым насосом на отопление и вентиляцию по формуле (В.13) составляет

$$E_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} = \frac{Q_{\text{ОВ}}^{\text{ТН},j} \cdot T^j}{K_{\text{пр}}^j} = \frac{187,0 \cdot 19}{2,69} = 1\,320,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Ж.2.21 Потребление электрической энергии вспомогательным источником тепла на отопление и вентиляцию $E_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ},j} = 3\,553,0$ кВт·ч.

Ж.2.22 Вычисления по Ж.1.7–Ж.1.18 выполняют для всех оставшихся значений температуры наружного воздуха от температуры начала отопительного сезона $t_{\text{нач}} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ до расчетной температуры $t_{\text{н}} = -26 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коэффициент преобразования энергии при этом определяют по данным таблицы Ж.2.

Результаты приведены в таблице Ж.3.

Соотношения между основными параметрами рассматриваемой ТСТ для отопления и вентиляции приведены на рисунке Ж.2.

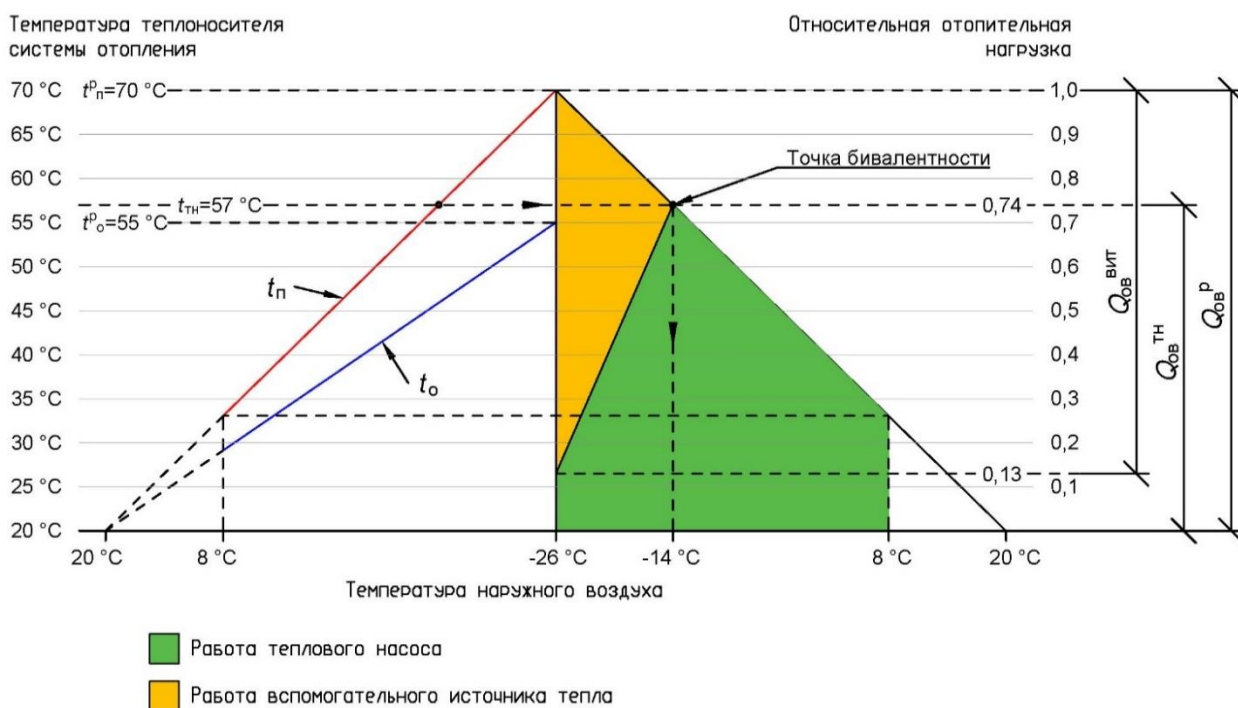


Рисунок Ж.2 – Соотношения между основными параметрами рассматриваемой ТСТ для отопления и вентиляции МКД

Таблица Ж.3 – Расчет параметров ТСТ для отопления и вентиляции

Температура наружного воздуха t_f , °С	Продолжительность стояния температуры в течение отопительного периода T , ч	Нагрузка отопления и вентиляции $Q_{об}$, кВт	Температура теплоносителя в подающем трубопроводе $t_{г}$, °С	Температура теплоносителя в обратном трубопроводе $t_{в}$, °С	Доля тепловой нагрузки отопления и вентиляции, покрываемая за счет работы теплового насоса $D_{от}$	Коэффициент преобразования энергии $K_{пр}$	Требуемая тепловая мощность теплового насоса $Q_{об}^{тн}$, кВт	Требуемая тепловая мощность вспомогательного источника тепла $Q_{об}^{вт}$, кВт	Выработка тепловой энергии тепловым насосом $W_{об}^{тн}$, кВт·ч	Потребление электрической энергии тепловым насосом $E_{об}^{тн}$, кВт·ч	Выработка тепловой энергии вспомогательным источником тепла $W_{об}^{вт}$, кВт·ч
-26	4,23	430,0	70,0	55,0	0,13	2,69	57,3	372,7	240,8	89,4	1 565,2
-25	5,47	420,7	68,9	54,2	0,19	2,69	79,1	341,5	435,3	161,6	1 878,3
-24	7,2	411,3	67,8	53,5	0,25	2,69	101,0	310,3	726,9	269,8	2 234,5
-23	7,7	402,0	66,7	52,7	0,31	2,69	122,8	279,2	945,3	350,9	2 149,8
-22	12,27	392,6	65,7	52,0	0,37	2,69	144,6	248,0	1 778,3	660,1	3 050,8
-21	13,7	383,3	64,6	51,2	0,43	2,69	166,4	216,9	2 279,6	846,1	2 971,1
-20	19,03	373,9	63,5	50,4	0,50	2,69	187,0	187,0	3 553,0	1 320,8	3 553,0
-19	23,17	364,6	62,4	49,7	0,58	2,69	210,0	154,6	4 872,3	1 808,4	3 585,6
-18	32,23	355,2	61,3	48,9	0,65	2,69	231,8	123,4	7 464,8	2 770,7	3 973,2
-17	41,63	345,9	60,2	48,2	0,73	2,69	253,6	92,2	10 551,3	3 916,3	3 836,8
-16	51,07	336,5	59,1	47,4	0,82	2,69	275,4	61,1	14 075,5	5 224,3	3 120,8
-15	55,13	327,2	58,0	46,6	0,91	2,69	297,3	29,9	16 379,1	6 079,4	1 648,2
-14	63,53	317,8	56,96	45,9	1,0	2,70	317,8	0,0	20 191,5	7 485,3	0,0
-13	74,1	308,5	55,9	45,1	1,0	2,78	308,5	0,0	22 858,2	8 222,2	0,0
-12	85,9	299,1	54,8	44,3	1,0	2,86	299,1	0,0	25 695,3	8 970,6	0,0
-11	94,23	289,8	53,7	43,6	1,0	2,95	289,8	0,0	27 306,2	9 255,0	0,0
-10	102,2	280,4	52,6	42,8	1,0	3,04	280,4	0,0	28 660,4	9 433,4	0,0
-9	115,37	271,1	51,5	42,1	1,0	3,13	271,1	0,0	31 275,3	9 999,6	0,0
-8	125,4	261,7	50,4	41,3	1,0	3,22	261,7	0,0	32 822,1	10 196,9	0,0
-7	147	252,4	49,3	40,5	1,0	3,31	252,4	0,0	37 101,5	11 203,0	0,0
-6	168,57	243,0	48,3	39,8	1,0	3,41	243,0	0,0	40 969,8	12 027,4	0,0
-5	202,03	233,7	47,2	39,0	1,0	3,50	233,7	0,0	47 213,5	13 479,1	0,0
-4	219,27	224,3	46,1	38,3	1,0	3,60	224,3	0,0	49 192,7	13 661,7	0,0
-3	248,63	215,0	45,0	37,5	1,0	3,70	215,0	0,0	53 455,5	14 445,3	0,0
-2	276,2	205,7	43,9	36,7	1,0	3,80	205,7	0,0	56 801,1	14 939,6	0,0
-1	319,63	196,3	42,8	36,0	1,0	3,91	196,3	0,0	62 744,8	16 066,7	0,0
0	407,53	187,0	41,7	35,2	1,0	4,01	187,0	0,0	76 190,4	18 999,1	0,0
1	400,23	177,6	40,7	34,5	1,0	4,12	177,6	0,0	71 084,3	17 266,6	0,0
2	303,3	168,3	39,6	33,7	1,0	4,23	168,3	0,0	51 033,5	12 078,3	0,0
3	231,13	158,9	38,5	32,9	1,0	4,34	158,9	0,0	36 729,6	8 472,2	0,0
4	200,83	149,6	37,4	32,2	1,0	4,45	149,6	0,0	30 037,2	6 754,3	0,0
5	168,13	140,2	36,3	31,4	1,0	4,56	140,2	0,0	23 574,8	5 169,1	0,0
6	143,6	130,9	35,2	30,7	1,0	4,68	130,9	0,0	18 792,9	4 019,1	0,0
7	127,8	121,5	34,1	29,9	1,0	4,79	121,5	0,0	15 530,5	3 240,3	0,0
8	114,3	112,2	33,0	29,1	1,0	4,91	112,2	0,0	12 821,5	2 610,5	0,0
Всего									935 345,0	261 482,2	33 542,7

Ж.2.23 Долю тепловой нагрузки горячего водоснабжения, покрываемую за счет работы теплового насоса для случая $t_{\text{ТН}} < t_h$ определяют как

$$D_{\text{ГВС}} = \frac{t_{\text{ТН}} - t_c}{t_h - t_c} = \frac{57 - 5}{63 - 5} = 0,9.$$

Ж.2.24 Годовую выработку тепловой энергии на горячее водоснабжение тепловым насосом вычисляют по формуле (В.14)

$$W_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} = Q_{\text{ГВС}}^h \cdot 24 \cdot k_{\text{акк}} \cdot D_{\text{ГВС}} \cdot (z_{\text{от}} + (365 - z_{\text{от}}) \cdot \alpha) =$$

$$= 132,8 \cdot 24 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot (204 + (365 - 204) \cdot 0,9) = 1\,100\,893,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $k_{\text{акк}} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий потери тепла при хранении согласно 7.6.7;

$\alpha = 0,9$ – коэффициент, учитывающий снижение потребления горячей воды в летний период для жилых зданий.

Ж.2.25 Годовая выработка тепловой энергии вспомогательным источником тепла на горячее водоснабжение составляет

$$W_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}} = Q_{\text{ГВС}}^h \cdot 24 \cdot k_{\text{акк}} \cdot (1 - D_{\text{ГВС}}) \cdot (z_{\text{от}} + (365 - z_{\text{от}}) \cdot \alpha) =$$

$$= 132,8 \cdot 24 \cdot 1,1 \cdot (1 - 0,9) \cdot (204 + (365 - 204) \cdot 0,9) = 122\,321,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Ж.2.26 Для выбранной модели теплового насоса по технической документации на тепловой насос определяют соответствующие значения коэффициента преобразования энергии для зимнего и летнего периодов $K_{\text{пр}}^{\text{ср.зим}}$ и $K_{\text{пр}}^{\text{ср.лет}}$.

Средняя температура нагреваемой от теплового насоса воды:

$$t_{\text{ТН}}^{\text{ср.ГВС}} = 0,5 \cdot (t_{\text{ТН}} + t_c) = 0,5 \cdot (57 + 5) = 31 \text{ }^\circ\text{C}.$$

В данном случае $t_{\text{инт}}^{\text{ср.зим}} = t_{\text{инт}}^{\text{ср.лет}} = t_{\text{инт}} = -1,4 \text{ }^\circ\text{C}.$

По данным таблицы Ж.2 определяют

$$K_{\text{пр}}^{\text{ср.зим}} = K_{\text{пр}}^{\text{ср.лет}} = 5,15.$$

Ж.2.27 Годовое потребление электрической энергии тепловым насосом на горячее водоснабжение определяют по формуле (В.16)

$$E_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} = Q_{\text{ГВС}}^h \cdot 24 \cdot k_{\text{акк}} \cdot D_{\text{ГВС}} \cdot \left(\frac{z_{\text{от}}}{K_{\text{пр}}^{\text{ср.зим}}} + \frac{365 - z_{\text{от}}}{K_{\text{пр}}^{\text{ср.лет}}} \cdot \alpha \right) =$$

$$= 132,8 \cdot 24 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot \left(\frac{204}{5,15} + \frac{365 - 204}{5,15} \cdot 0,9 \right) = 213\,765,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Ж.2.28 Годовое потребление электрической энергии вспомогательным источником тепла на горячее водоснабжение составляет

$$E_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}} = W_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}} = 122\,321,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Ж.2.29 Сезонная характеристика эффективности теплонасосной системы в случае применения в качестве вспомогательных источников тепла электрических нагревателей по формуле (В.17) составляет

$$SPF = \frac{W_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} + W_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} + W_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} + W_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}}{E_{\text{ОВ}}^{\text{ТН}} + E_{\text{ОВ}}^{\text{ВИТ}} + E_{\text{ГВС}}^{\text{ТН}} + E_{\text{ГВС}}^{\text{ВИТ}}} =$$

$$= \frac{935\,345,0 + 33\,542,7 + 1\,100\,893,9 + 122\,321,5}{261\,482,2 + 33\,542,7 + 213\,765,8 + 122\,321,5} = 3,47.$$

Ж.2.30 Доля тепловой энергии, вырабатываемой вспомогательным источником тепла в течение года составляет

$$\frac{33\,542,7 + 122\,321,5}{935\,345,0 + 33\,542,7 + 1\,100\,893,9 + 122\,321,5} \cdot 100\% = 7,1\% < 10\%.$$

Рекомендация 8.2.3 выполнена.

Библиография

- [1] Федеральный закон от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике»
- [2] Федеральный закон от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»
- [3] Федеральный закон от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации»
- [4] Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации»
- [5] Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
- [6] Федеральный закон от 1 мая 1999 г. № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал»
- [7] ТР ЕАЭС 048/2019 Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к энергетической эффективности энергопотребляющих устройств»
- [8] СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
- [9] ПУЭ Правила устройства электроустановок (7-е изд.)
- [10] Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»