

Рекомендации

Инженерные сети  
зданий и сооружений внутренние

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И НАЛАДКЕ  
СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ

Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011

Издание официальное

---

Закрытое акционерное общество «ИСЗС – Консалт»

Общество с ограниченной ответственностью  
«Издательство БСТ»

Москва 2011

## Предисловие

- |   |                                    |  |
|---|------------------------------------|--|
| 1 | РАЗРАБОТАНЫ                        | Закрытым акционерным обществом «ИСЗС-Консалт»  |
| 2 | ПРЕДСТАВЛЕНЫ НА<br>УТВЕРЖДЕНИЕ     | Комитетом по системам инженерно-технического обеспечения зданий и сооружений Национального объединения строителей, протокол от 18.11.2011 № 10 |
| 3 | УТВЕРЖДЕНЫ И<br>ВВЕДены В ДЕЙСТВИЕ | Решением Совета Национального объединения строителей 5.12.2011 №22   |
| 4 | ВВЕДены                            | ВПЕРВЫЕ  |

© Национальное объединение строителей, 2011

*Распространение настоящих рекомендаций осуществляется в соответствии с действующим законодательством и с соблюдением правил, установленных Национальным объединением строителей*

## Содержание

|   |     |
|---|-----|
| Введение.....   | VII |
| 1 Область применения.....   | 1   |
| 2 Нормативные ссылки.....   | 1   |
| 3 Термины и определения.....  | 4   |
| 4 Обозначения и сокращения.....   | 9   |
| 5 Методики (методы) выполнения измерений.....   | 11  |
| 5.1 Измерения температуры газов (воздуха) и жидкостей.....  | 12  |
| 5.2 Измерение давлений газов (воздуха) и жидкостей.....   | 13  |
| 5.3 Определение скоростей движения и расходов жидкости.....   | 14  |
| 5.4 Определение частоты вращения рабочего колеса насоса и<br>вентилятора.....   | 14  |
| 5.5 Измерение вибрации.....   | 15  |
| 5.6 Измерения уровней шума систем отопления,<br>теплоснабжения и холодоснабжения .....  | 16  |
| 6 Общие сведения по наладочным работам.....   | 18  |
| 6.1 Пусконаладочные работы. Индивидуальные испытания<br>оборудования систем отопления, теплоснабжения и<br>холодоснабжения..... | 18  |
| 6.2 Пусконаладочные работы. Комплексное опробование систем<br>отопления, теплоснабжения и холодоснабжения.....                  | 21  |
| 6.3 Периодические испытания систем отопления,<br>теплоснабжения и холодоснабжения. Диагностика.<br>Тестирование.....            | 23  |
| 6.4 Сбор исходных данных для реконструируемых систем<br>отопления, теплоснабжения и холодоснабжения.....                        | 24  |

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 7    | Пуск, испытание и наладка основных устройств и узлов систем отопления и тепло-холодоснабжения..... | 24  |
| 7.1  | Холодильная установка.....   | 25  |
| 7.2  | Насосная установка.....  | 45  |
| 7.3  | Мембранный расширительный бак.....   | 51  |
| 7.4  | Предохранительный клапан.....  | 58  |
| 7.5  | Теплообменник водяной пластинчатый.....  | 60  |
| 7.6  | Градирня.....  | 65  |
| 7.7  | Охладитель жидкости сухого типа (драйкулер).....   | 71  |
| 7.8  | Регулирующий клапан теплообменника.....  | 77  |
| 7.9  | Термостатический вентиль.....  | 81  |
| 7.10 | Узел регулирования перепада давления.....  | 91  |
| 7.11 | Способы регулирования автоматизированной трубопроводной сети.....                                  | 92  |
| 8    | Наладка систем отопления.....  | 109 |
| 9    | Наладка и регулирование систем теплоснабжения.....   | 123 |
| 9.6  | Гидравлический расчет местных систем теплоснабжения  | 126 |
| 10   | Наладка и регулирование систем холодоснабжения.....  | 132 |
| 10.1 | Система холодоснабжения одноконтурная.....   | 132 |
| 10.2 | Система холодоснабжения двухконтурная.....   | 136 |
| 11   | Мероприятия по энергосбережению при проведении наладочных работ .....                              | 141 |
| 12   | Требования к качеству работ.....   | 143 |
| 13   | Отчетная техническая документация.....   | 143 |
| 14   | Техника безопасности.....  | 144 |

|  |     |
|--|-----|
| Приложение А (рекомендуемое) Комплект измерительных приборов для пуска, испытания, наладки и регулирования систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения..... | 147 |
| Приложение Б (рекомендуемое) Технический отчет сбора исходных данных для реконструируемой системы отопления (теплоснабжения, холодоснабжения)....                  |     |
| Приложение В (рекомендуемое) Регламент предпусковых и пусковых контрольных проверок холодильной установки № _____ .....  | 150 |
| Приложение Г (обязательное) Паспорт системы отопления, теплоснабжения и холодоснабжения.....   | 153 |
| Приложение Д (обязательное) Акт индивидуального испытания оборудования и узлов системы холодоснабжения.....  | 156 |
| Приложение Е (рекомендуемое) Допустимая скорость движения воды в трубопроводах систем отопления, м/с.....  | 157 |
| Приложение Ж (справочное) Таблица гидравлического расчета трубопроводов отопления.....   | 158 |
| Приложение И (справочное) Диаметры отверстий дроссельных диафрагм местных систем теплоснабжения.....   | 159 |
| Приложение К (рекомендуемое) Технический отчет по наладке системы отопления (теплоснабжения, холодоснабжения)  | 160 |
| Библиография.....  | 161 |

## Введение

Настоящие рекомендации разработаны в целях реализации «Приоритетных направлений деятельности и задач Национального объединения строителей на 2010-2012 годы» и направлены на реализацию Градостроительного кодекса Российской Федерации, Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», приказа Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства».

В рекомендациях изложены основные требования к составу, содержанию и методике проведения испытаний, наладке, обследованию и диагностике, вводимых в эксплуатацию, находящихся на реконструкции или в эксплуатации систем водяного отопления, местного теплоснабжения и холодоснабжения. Настоящие рекомендации предназначены для инженерно-технических специалистов, проектных, монтажных и наладочных фирм или организаций, а также для персонала служб, эксплуатирующих инженерные системы зданий и сооружений различного назначения.

Авторский коллектив: канд. техн. наук *А.В.Бусахин* (ООО «Третье Монтажное Управление «Промвентиляция»), докт. техн. наук *А.М.Гримитлин* (НП АВОК Северо-Запад»), *А.В.Карликов* (ЗАО «ПРОМВЕНТИЛЯЦИЯ»), канд. экон. наук *Д.Л. Кузин* (НО «АПИК»),

**РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

*Г.К.Осадчий, С.В.Разин (ООО «МАКСХОЛ технолоджиз»), В.Н.Боломатов (ООО «Институт Проектпромвентилиация»), А.Н.Колубков (ООО ППФ «АК»), Ф.В.Токарев (НП «ИСЗС-Монтаж»).*



РЕКОМЕНДАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ СТРОИТЕЛЕЙ

**Инженерные сети зданий и сооружений внутренние**

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И НАЛАДКЕ СИСТЕМ  
ОТОПЛЕНИЯ, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ**

Internal buildings and structures utilities

Testing and adjusting systems of heating, heat supplying and cooling

---

Дата введения – \_\_\_\_\_

## **1 Область применения**

Настоящие рекомендации устанавливают общие правила проведения работ по наладке (испытанию, регулировке, диагностике и тестированию) систем водяного отопления, местного теплоснабжения и холодоснабжения (далее – тепло-холодоснабжения) в эксплуатируемых, реконструируемых и строящихся зданиях и сооружениях различного назначения кроме систем, обслуживающих убежища, сооружения метрополитена, помещений, предназначенных для работы с радиоактивными и взрывчатыми веществами.

## **2 Нормативные ссылки**

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 8.271–77 Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерения давления. Термины и определения

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

ГОСТ 12.1.019–2009 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

ГОСТ 12.1.030–81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление

ГОСТ 12.1.050–86 Система стандартов безопасности труда. Методы измерения шума на рабочих местах

ГОСТ 12.2.085–2005 Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные

ГОСТ 21.602–2003 Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования

ГОСТ 21.408–93 Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов

ГОСТ 166–89 Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 2405–88 Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напорометры, тягомеры и тягонапорометры. Общие технические условия

ГОСТ 14202–69 Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки

ГОСТ 16504–81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции

ГОСТ 20911–89 Техническая диагностика. Термины и определения

ГОСТ 21339–82 Тахометры. Общие технические условия

ГОСТ 22261–94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ 22270–76 Оборудования для кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления. Термины и определения

ГОСТ Р 12.2.142–99 Системы холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт. Требования безопасности

ГОСТ Р 12.4.026–2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ Р 51360–99 Компрессоры холодильные. Требования безопасности и методы испытаний

ГОСТ Р 53188.1–2008 Шумомеры. Часть 1. Технические требования

ГОСТ Р 53778–2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинг технического состояния

ГОСТ Р ИСО 5725-1–2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений

СТО НОСТРОЙ 2.24.2-2011 Вентиляция и кондиционирование. Испытание и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха

СНиП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование

СП 7.13130.2009 Противопожарные требования. Отопление, вентиляция и кондиционирование

СП 48.13330.2011 «СНиП 12-01-2004. Организация строительства»

СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03-2003. Защита от шума»

СП 52.13330.2011 «СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение»

СП 60.13330.2012 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирования»

СП 61.13330.2012 «СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов»

СП 73.13330.2012 «СНиП 3.05.01-85 Внутренние санитарно-технические системы»

СП 75.13330.2011 «СНиП 3.05.05-84 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы»

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

СП 76.13330.2011 «СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства»

СП 77.13330.2011 «СНиП 3.05.07-85 Системы автоматизации»

**Примечание** – При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных нормативных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочный нормативный документ заменен (изменен, актуализирован), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться заменяющим (измененным, актуализированным) нормативным документом. Если ссылочный нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### **3 Термины и определения**

В настоящих рекомендациях применены термины в соответствии с ГОСТ 22270, СП 7.13130, ГОСТ 8.271, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 балансировочный клапан:** Регулирующая арматура с ручной или автоматической настройкой заданного параметра, обеспечивающая поддержание постоянного давления, перепада давлений или расхода жидкости в трубопроводах.

**3.2 градирня вентиляторная закрытая:** Тепломассообменный аппарат рекуперативного типа, в котором охлаждаемая жидкость (вода, раствор) подается в теплообменник, наружная поверхность которого обдувается потоком воздуха и орошается оборотной водой.

**3.3 градирня вентиляторная открытая:** Тепломассообменный аппарат смесительного типа, в котором охлаждение оборотной воды происходит при ее непосредственном контакте с потоком воздуха.

**3.4 давление предварительное:** Избыточное давление, принимаемое для данной системы холодоснабжения, равное гидростатическому давлению с 10 – 20% запасом.

**3.5 давление рабочее:** Наибольшее избыточное давление, возникающее при нормальном режиме работы системы отопления, тепло-холодоснабжения, без учета гидростатического давления среды и соответствующее паспортным данным холодильной установки (по СП 73.13330).

**3.6 давление расчетное:** Максимальное избыточное давление, принимаемое для данной системы отопления, тепло-холодоснабжения, которое может возникнуть при работе оборудования или холодильных систем.

**3.7 заказчик:** Юридическое или физическое лицо, поручающее другому юридическому или физическому лицу (исполнителю, подрядчику) выполнить определенную работу и предъявить результат ее выполнения, обязующееся принять результат работы и произвести оплату в соответствии с договором (по Гражданскому кодексу РФ [1]).

**3.8 индивидуальная наладка оборудования:** Комплекс работ, выполняемый с целью достижения работоспособности оборудования или отдельных устройств систем отопления и тепло-холодоснабжения, на соответствие фактических показателей, параметрам рабочей документации.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

**3.9 испаритель холодильной машины:** Теплообменное устройство, в котором используется явление испарения паров хладагента (при этом происходит процесс поглощения тепла) для охлаждения холодоносителя.

**3.10 исполнительная рабочая документация (исполнительная документация):** рабочая документация с внесенными изменениями и дополнениями в процессе выполнения монтажа систем отопления и тепло-холодоснабжения.

**3.11 компрессор холодильной машины:** Нагнетательный агрегат (поршневой, винтовой, спиральный, центробежный и др.), в котором рабочий орган последовательно всасывает определенный объем паров хладагента из испарителя, сжимает его путем уменьшения замкнутого объема, и нагнетает в сторону конденсатора холодильной машины.

**3.12 конденсатор холодильной машины:** Теплообменное устройство, в котором используется явление конденсации (сжижения) паров хладагента (при этом происходит процесс выделения тепла), выделенное тепло хладагента передается циркулирующей охлаждающей среде.

**3.13 комплексное опробование системы:** Опробование и проверка работоспособности системы отопления, тепло-холодоснабжения и потребителей холода при их одновременной работе в автоматическом режиме, с целью подтверждения соответствия основных показателей, параметрам рабочей документации в процессе ввода их в эксплуатацию.

**3.14 мембранный расширительный бак:** Металлический цилиндрический сосуд, разделенный на две части резиновой мембраной, в одной части которой под заданным давлением находится газ (как правило, азот) или воздух, другая часть соединяется с гидравлической сетью и

заполняется жидкостью и обеспечивает компенсацию температурного расширения.

**3.15 наладочные работы:** Комплекс работ по испытанию, диагностике, регулированию, настройке и наладке оборудования систем отопления, тепло-холодоснабжения в режиме эксплуатации с целью обеспечения требуемых параметров внутреннего воздуха или технологических показателей работы систем.

**3.16 наладочная организация:** Юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, имеющий соответствующий документ о допуске от саморегулируемой организации на проведение наладочных работ по системам вентиляции и кондиционирования воздуха (по СТО НОСТРОЙ 2.24.2-2011, пункт 3.15).

**3.17 охладитель жидкости сухого типа (драйкулер):** Теплообменный аппарат рекуперативного типа, в котором охлаждаемая жидкость (вода, раствор) подается в теплообменник, наружная поверхность которого обдувается потоком воздуха.

**3.18 пластинчатый теплообменник:** Теплообменное устройство, в котором осуществляется бесконтактный процесс теплообмена между двумя жидкими средами, в качестве поверхности теплообмена используются стальные гофрированные пластины.

**3.19 предохранительный клапан:** Арматура, предназначенная для автоматической защиты системы и трубопроводов от давления рабочей среды превышающей допустимое давление, путем частичного ее сброса из защищаемой системы.

**3.20 предпусковые контрольные проверки:** Проверки, предназначенные для определения фактических технических данных холодильной установки, значения параметров в нерабочем состоянии и

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

результаты проверки испытаний оборудования перед первым (пробным) пуском.

**3.21 пусковые контрольные проверки:** Проверки, предназначенные для определения фактических значений параметров работы холодильной установки после первого (пробного) пуска при работе холодильной установки на рабочем режиме.

**3.22 система холодоснабжения одноконтурная, двухконтурная:** Одноконтурная система состоит из общего контура (трубопроводная сеть) циркуляции холодоносителя от испарителя холодильной установки до потребителя холода (кондиционер, доводчик и т.д.).

Двухконтурная система включает 2 контура – контур циркуляции холодоносителя от испарителя холодильной установки до теплообменника и контур циркуляции от теплообменника до потребителя.

**3.23 система холодоснабжения:** Комплекс инженерных устройств (холодильная машина, насосная станция, дополнительное оборудование, сеть трубопроводов, сетевое оборудование, запорно-регулирующие устройства и т.д.), обеспечивающий технологический процесс создания и передачи требуемых параметров холода к потребителям.

**3.24 сторона высокого давления (жидкостная) холодильной установки:** Часть холодильной установки, находящейся под давлением жидкого нагнетаемого хладагента.

**3.25 сторона низкого давления (паровая) холодильной установки:** Часть холодильной установки, находящейся под давлением паров всасываемого хладагента.

**3.26 холодильная машина (установка)** (водоохладитель или чиллер от английского *chiller*): Комплекс механизмов и теплообменных устройств (один или несколько компрессоров, конденсаторов, испарителей,

терморегулирующие вентиля и др.), необходимых для обеспечения холодильного цикла отвода тепла от охлаждаемой среды при низкой температуре и передачи тепла к охлаждающей среде с более высокой температурой.

**3.27 холодильный агент (хладагент):** Рабочее вещество холодильной машины, при изменении агрегатного состояния отводит тепло при более низкой температуре и передает тепло при относительно высокой температуре.

**3.28 холодильный контур:** часть холодильной машины, состоящей из замкнутой системы трубопроводов, агрегатов и арматуры, в которой циркулирует постоянное количество хладагента.

**3.29 холодильный цикл:** Круговой обратимый процесс (цикл), в результате которого хладагент изменяет фазовое состояние в кипении и конденсации и за счет затраченной энергии осуществляет перенос тепла от среды (жидкости) с низкой температурой к среде с высокой температурой.

**3.30 холодоноситель (жидкость):** Жидкость, поступающая к потребителю холода, поглощающая, без изменения своего фазового состояния, выделяемое тепло потребителем холода, и переносящая выделенное тепло к испарителю холодильной установки.

**3.31 холодопроизводительность:** Количество холода, которое холодильная установка может передать к охлаждаемой среде с более высокой температурой от охлаждающей среды с низкой температурой, в течение часа.

## **4 Обозначения и сокращения**

В тексте и в формулах рекомендаций использовались следующие обозначения и сокращения:

## Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011

- $T_{и хол вх}$  – температура холодоносителя (жидкости) на входе в испаритель, кПа;
- $T_{и хол вых}$  – температура холодоносителя (жидкости) на выходе в испаритель, кПа;
- $P_{и хол вх}$  – давление холодоносителя (жидкости) на входе в испаритель, кПа;
- $P_{и хол вых}$  – давление холодоносителя (жидкости) на выходе из испарителя, кПа;
- $\Delta P_{и хол факт.}$  – перепад давления холодоносителя (жидкости) на испарителе фактический, кПа;
- $\Delta P_{и хол расч.}$  – перепад давления холодоносителя (жидкости) на испарителе расчетный, кПа;
- $T_{и хлад факт.}$  – температура испарения (кипения) хладагента фактическая, °С;
- $T_{и хлад расч.}$  – температура испарения (кипения) хладагента расчетная, °С;
- $P_{к хлад вх}$  – давление на входе в конденсатор, кПа;
- $P_{к хлад вых}$  – давление на выходе из конденсатора, кПа;
- $\Delta P_{к хлад факт.}$  – перепад давления на конденсаторе, кПа;
- $\Delta P_{к хлад расч.}$  – перепад давления на конденсаторе, кПа;
- $T_{к хлад факт.}$  – температура конденсации фактическая, °С
- $T_{к хлад расч.}$  – температура конденсации расчетная, °С
- $Q_x$  факт. – фактическая холодопроизводительность холодильной установки, кВт;
- $Q_x$  расч. – расчетная холодопроизводительность холодильной установки, кВт;
- $t_{н в ф вх}$  – температура наружного воздуха на входе в конденсатор, °С;

|                 |  |
|-----------------|--|
| $t_{н в ф вых}$ | – температура наружного воздуха на выходе из конденсатора, °С;     |
| $G_{x факт.}$   | – расход холодоносителя (жидкости) фактический, м <sup>3</sup> /ч; |
| $G_{x расч.}$   | – расход холодоносителя (жидкости) расчетный, м <sup>3</sup> /ч;   |
| $c_{ж}$         | – удельная теплоемкость холодоносителя (жидкости), кДж/(кг°С);     |
| $c_w$           | – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг°С);                          |
| $V_{ж}$         | – объем жидкости, л(м <sup>3</sup> );                              |
| $v_{ж}$         | – скорость движения холодоносителя (жидкости), м/с;                |
| ПНР             | – пусконаладочные работы   |
| ПТО             | – пластинчатый теплообменник;                                      |
| ТРВ             | – терморегулирующий вентиль;                                       |
| ТХС             | – теплоснабжение и холодоснабжение (тепло-холодоснабжение)         |
| ХС              | – холодоснабжение.   |

## 5 Методики (методы) выполнения измерений

Измерения должны проводиться по аттестованным методикам измерений в соответствии с [2], статья 5, и ГОСТ Р ИСО 5725-1.

Методики прямых измерений изложены в технической документации на средства измерений. Применяемые средства измерений должны иметь свидетельства об утверждении типа средств измерений и документы, подтверждающие проведение их поверки (калибровки) с установленной периодичностью.

Краткий перечень комплекта контрольно-измерительных приборов для пуска, испытания, наладки и регулирования систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения (ТХС) представлен в приложении А.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

Перед производством измерений исполнителю необходимо:

- ознакомиться с рабочей документацией и практической реализацией проекта, проверить готовность системы к проведению измерений, определить места и виды измерений, количество и последовательность их выполнения;
- установить места измерительных точек;
- на основании рабочей документации выполнить расчеты измеряемых величин в выбранных точках измерения;
- определить необходимые для проведения измерений приборы, исходя из требований измерений и технических характеристик приборов;
- изучить технические описания необходимых приборов и правила их применения;
- подготовить приборы к измерениям;
- подготовить вспомогательные инструменты, оборудование, рабочие места;
- обеспечить необходимые режимы работы систем;
- составить график выполнения работ, согласовав его со службами, которые необходимо привлечь к работам.

### **5.1 Измерения температуры газов (воздуха) и жидкостей**

5.1.1 Температуры газов (воздуха) и жидкостей от «минус» 40 °С до + 60 °С измерять термометрами с ценой деления не более 0,5 °С или электронными термометрами с точностью измерения того же класса.

При температурах выше + 60 °С измерять термометрами с ценой деления 1 °С.

5.1.2 Измерение температуры движущейся среды (жидкости) следует проводить на прямых участках трубопровода. Для измерения

температуры жидкостей в трубопроводах в местах измерения используются гильзы, выполненные в соответствии с типовыми чертежами закладных конструкций для приборов измерения температуры, а внутрь гильзы помещают термочувствительный элемент, находящийся в тепловом контакте с ее поверхностью. Конструкция гильзы должна обеспечивать тепловой контакт термочувствительного элемента с поверхностью гильзы.

Гильзу устанавливают поперек потока так, чтобы измерительный участок находился ниже оси трубы, но не касался противоположной стенки трубопровода. Если диаметр трубопровода и гильзы соизмеримы, то гильзу следует наклонить к оси потока или поставить по оси потока, при этом допускается использовать контактные термометры, накладываемые на поверхность металлической трубы.

Установка термометров в тупиковых ответвлениях, где движение скорости жидкости отсутствует или составляет менее 0,05 м/с, не допускается.

5.1.3 Температуру поверхности (не теплоизолированной) для определения температуры движущейся среды (жидкости) измерять термометрами или пирометрами классом не ниже 1,0.

Температуру хладагента, всасываемого или нагнетаемого компрессором холодильных машин, измеряют в трубопроводе не далее 1 м и не ближе трех диаметров трубопровода от коллектора или запорного вентиля компрессора.

## **5.2 Измерение давлений газов (воздуха) и жидкостей**

5.2.1 Для измерения давлений или разностей давлений допускается использование манометров различных конструкций (жидкостные, компрессионные, U-образные, дифференциальные и т.д.), соответствующие ГОСТ 2405, а также электронных микроманометров.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

5.2.2 Манометры должны быть одного класса точности (не ниже 1,5) с диаметром корпуса не менее 160 мм и шкалой с максимальным давлением, равным  $4/3$  измеряемого давления и опломбированными.

5.2.3 Для измерений давлений и скоростей движения жидкости в трубопроводах выбирают прямые участки с расположением измерительных сечений на расстояниях не менее пяти гидравлических диаметров (диаметр трубопровода) от места возмущения потока (отводы, переходы, диафрагмы и т.п.) и (или) не менее двух гидравлических диаметров до него.

5.2.4 Давление жидкости (воды) в трубопроводах измерять с помощью манометров классом точности не ниже 0,5, а перепад давления – с помощью дифференциальных манометров согласно ТУ 25-7310.0063-87 [3].

### **5.3 Определение скоростей движения и расходов жидкости**

5.3.1 Скорость движения и расходов жидкости в трубопроводах следует измерять ультразвуковыми расходомерами с диапазоном измерения скорости движения жидкости от 0 до 10 м/с и точностью от  $\pm 0,1$  до  $\pm 0,3$  м/с.

5.3.2 Длина измерительного зонда расходомера должна быть достаточной для доступа к точке измерения.

5.3.3 В каждой точке измерения скорость следует определять дважды, причем разность между результатами измерений должна быть не более 5 %, в противном случае следует проводить дополнительные измерения.

### **5.4 Определение частоты вращения рабочего колеса насоса и вентилятора**

5.4.1 Частоту вращения рабочего колеса вентиляторов градирен и насосов следует определять непосредственным измерением оптическим тахометром и (или) тахометром частоты вращения вала рабочего колеса или вала электродвигателя (при установке рабочего колеса на валу электродвигателя).

5.4.2 Для измерений частот вращения валов использовать тахометры, соответствующие ГОСТ 21339, класса точности 0,5 или 1,0.

## **5.5 Измерение вибрации**

5.5.1 Испытаниям подлежит оборудование систем, если величины параметров вибрации превышают данные, установленные техническими характеристиками СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [4].

5.5.2 Для измерения вибрации использовать виброизмерительные приборы – виброметры или шумомеры, с модулем измерения вибрации 1-го или 2-го класса.

5.5.3 Измерения характеристик вибрации холодильных установок проводить по методике ГОСТ 16504.

5.5.4 Измерения параметров вибрации производить после комплексного опробования систем и гидравлической регулировки сети. При испытаниях все соединения оборудования с трубопроводами и электрическими проводами должны быть эластичными.

5.5.5 Для оборудования систем с регулируемой частотой вращения ротора двигателя следует выбирать частоту измерений с максимальной амплитудой вибрации в контрольных точках.

5.5.6 Измерения вибрации оборудования систем проводить в вертикальном и горизонтальном направлении. Время одного измерения должно быть не менее 10 секунд.

## Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011

### 5.6 Измерения уровней шума

Для определения фактического уровня шума систем проводить измерения шума для проверки соответствия их величин действующим нормам СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [5]. Измерения проводить после выполнения комплексного опробования систем.

5.6.1 Уровни звука и октавные уровни звукового давления измерять шумомерами 1-го или 2-го класса.

5.6.2 Измерения шума на рабочих местах проводят по ГОСТ 12.1.050. Допустимые уровни шума в помещениях приведены в СП 51.13330 или СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [5].

5.6.3 Измерения проводят после выполнения регулировки всех систем на заданный режим работы. Если системы работают в переменном режиме, то измерения шума выполняют при максимальном режиме.

5.6.4 При измерениях уровня шума от систем оценивают шум других источников шума (фоновый шум), величину которых определяют путем измерения при отключении или включении работающего оборудования. В случае если разность между измеренным уровнем шума от систем и фоновой величиной не превышает 10 дБ (дБА), необходимо в результате измерения вносить поправку.

Т а б л и ц а 1

|  |   |       |       |            |
|--|---|-------|-------|------------|
| Разность уровней измеряемого и фонового шума, дБ (дБА),  | 3 | 4 – 5 | 6 – 9 | 10 и более |
| Величина, вычитаемая из значения измеренного уровня шума | 3 | 2     | 1     | 0          |

5.6.5 Измерение уровня шума в помещениях рекомендуется проводить при выполнении следующих условий:

- в помещении должен находиться только персонал, проводящий измерения;
- окна и двери помещений должны быть закрыты вне зависимости от расположения источников шума (внутри или снаружи здания);
- в помещениях жилых и общественных зданий измерение шума проводят не ближе 1 м от стен, не ближе 1,5 м от окон помещений, на высоте от 1,2 до 1,5 м от уровня пола;

**Пр и м е ч а н и е** – Продолжительность измерения в каждой точке определяется характером шума. Процесс измерения уровня непостоянного шума продолжают до тех пор, пока эквивалентный уровень шума в течение 30 с будет изменяться не более чем на 0,5 дБА. При измерении уровня постоянного шума время фиксирования показаний не менее 15 с.

- при полном отсутствии мебели в помещении из полученного при измерении значения уровня шума (звукового давления) в дБ (дБА) вычитается поправка 2 дБ (дБА);

**5.6.6** Измерения уровня шума от систем на территориях вне помещений:

- точки для измерения выбирают на границе участков территории, наиболее приближенной к установкам систем, расположенные не ближе 2 м от стен зданий;
- выбор зоны измерений на территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам, зданиям больниц, детских дошкольных учреждений и школ, производят не менее чем в трех местах, расположенных на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций зданий на высоте от 1,2 до 1,5 м от земли.

## **6 Общие сведения по наладочным работам**

Целью наладочных работ по системам отопления, теплоснабжения и холодоснабжения является достижение параметров работы систем в соответствии с данными рабочей документации (проекта) или обеспечение работы систем в режиме максимальной эффективности.

Работы по испытанию и наладке систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения (далее – систем) выполняются:

- в период монтажа систем при индивидуальных испытаниях;
- после монтажа систем при вводе систем в эксплуатацию, при выполнении комплексного опробования;
- после ремонта или реконструкции систем;
- в период проведения диагностики, тестирования или энергетической оценки (аудита) систем;
- для периодической (плановой) или сезонной проверки эффективности работы систем.

### **6.1 Пусконаладочные работы. Индивидуальные испытания оборудования систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения**

6.1.1 К началу индивидуальных испытаний и наладки оборудования систем должны быть закончены:

- общестроительные, отделочные работы в помещениях, в которых расположено оборудование систем отопления теплоснабжения и холодоснабжения (ТХС);
- монтаж систем отопления и ТХС;
- монтаж средств обеспечения электроснабжения, автоматики и др.

6.1.2 Наладочная организация или исполнитель, проводящие индивидуальные испытания, должны получить от заказчика комплект

чертежей проекта рабочей документации по соответствующим разделам, их автоматизации, в соответствии с ГОСТ 21.602, ГОСТ 21.408 и технической документацией, в том числе руководство по монтажу, эксплуатации на установленное оборудование.

6.1.3 Работы по индивидуальному испытанию оборудования и узлов регулирования систем отопления, ТХС включают:

- ознакомление с исполнительной документацией, актами на скрытые работы, актами промывки, актами гидростатических или манометрических испытаний на герметичность;

- визуальный осмотр смонтированного оборудования и узлов регулирования, проверку соответствия фактического исполнения систем исполнительной документации, при визуальном осмотре следует проверить:

- 1) техническое состояние всего смонтированного оборудования и узлов регулирования, в том числе наличие всех трубопроводных и кабельных подсоединений, отсутствие повреждений оборудования, приборов и устройств, а так же загрязнений на их поверхности;

- 2) доступность расположения маховиков запорно-регулирующей арматуры, электроприводов арматуры, контрольно-измерительных приборов, устройств автоматики и средств сигнализации и защиты;

- 3) герметичность соединений, отсутствие подтеков жидкости;

- 4) наличие давления жидкостей (газов) в системе, но не менее расчетного давления;

- 5) наличие и правильность расстановки опор и подвесок трубопроводов, отсутствие нагрузки на фланцы и штуцеры, в соответствии с СП 75.13330;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

6) наличие и отсутствие повреждений виброопор фундамента и оборудования;

7) наличие защитного заземления установок, в соответствии с ГОСТ 12.1.030;

8) наличие прямых участков трубопроводов для выполнения измерений давлений и скоростей движения жидкости;

9) наличие и соответствие проекту толщины тепловой изоляции трубопроводов, в соответствии с СП 61.13330;

10) наличие и правильность маркировки трасс трубопроводов, в соответствии с ГОСТ Р 12.4.026, ГОСТ 14202;

11) наличие и достаточное освещение помещения, где размещается оборудование и узлы регулирования, в соответствии с СП 52.13330;

12) наличие и работоспособность системы вентиляции и отопления в помещении, где размещается оборудование, в соответствии с СНиП 2.04.05-91;

13) наличие зон осмотра и обслуживания оборудования и средств автоматики;

14) наличие трубопроводов для безопасного отведения хладагона от предохранительных клапанов за пределы здания,

15) наличие и безопасность организации места для временного хранения баллонов с хладагоном и тары с хладагоновым маслом;

- опробование насосов при циркуляции тепло-холодоносителя по временной схеме (циркуляция тепло-холодоносителя потребителей тепла/холода осуществляется через обводную линию узлов регулирования) для определения работоспособности оборудования насосной станции системы;

- опробование и наладку функционирования устройств автоматики, сигнализации и управления, защитных устройств;

- предварительную настройку регулирующих устройств сети трубопроводов систем при циркуляции тепло-холодоносителя потребителей тепла/холода через узлы регулирования, для определения работоспособности системы.

6.1.4 При выявлении отклонений: от исполнительной документации и соответствующих СП, ГОСТ, СНиП, а также при наличии дефектов монтажа, составляется ведомость замечаний и дефектов монтажа, которая передается Заказчику.

6.1.5 После устранения выявленных замечаний выполняются работы по индивидуальным испытаниям оборудования и узлов регулирования систем отопления и ТХС.

## **6.2 Пусконаладочные работы. Комплексное опробование систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения**

6.2.1 Комплексное опробование следует проводить после завершения индивидуальных испытаний оборудования и узлов регулирования систем отопления, ТХС и средств обеспечения (электроснабжения, автоматики).

Комплексное опробование проводится после устранения недостатков, выявленных при индивидуальных испытаниях.

6.2.2 Комплексное опробование систем холодоснабжения (ХС) рекомендуется проводить в теплый период года, при работе потребителей холода с максимальным холодопотреблением.

6.2.3 Комплексное опробование систем отопления и теплоснабжения рекомендуется проводить в холодный период года, когда потребление тепла максимально.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

6.2.4 Работы, выполняемые в период подготовки комплексного опробования систем, осуществляются по программе, разработанной техническим заказчиком или (по его поручению) наладочной организацией и согласованной с лицом, осуществляющим строительство, и монтажными организациями. Комплексное опробование проводится по отдельным системам отопления, теплоснабжения и холодоснабжения или одновременно по всем системам здания (СП 73.13330, п.8.2).

6.2.5 Комплексное опробование систем отопления и ТХС выполняется эксплуатационным персоналом заказчика с участием представителей пусконаладочной организации, монтажных и других организаций.

6.2.6 Комплексное опробование систем включает в себя следующие работы:

- проверку функционирования устройств автоматики, сигнализации и управления, защитных устройств систем автоматизации;
- проверку алгоритма работы системы автоматизации и прохождения контрольных сигналов;
- проверку работы системы автоматизации при имитации различных аварийных ситуаций;
- опробование производительности компрессоров, насосов внутренних и внешних гидравлических контуров;

Примечание: Настройка регуляторов систем автоматизации (выбор зоны нечувствительности или дифференциал) не должна приводить к частому включению/отключению компрессоров, насосов, превышающей указанное количество включений/отключений в технической документации.

- оценку работоспособности систем отопления, ТХС, автоматизации при проектных режимах работы;

- гидравлическую регулировку систем отопления, ТХС.

6.2.7 По требованию заказчика в программу могут быть включены измерения уровней шума, вибрации и т.д.

6.2.8 По результатам комплексного опробования составляется отчетная документация в соответствии с СП 48.13330, пункт 6.13.

### **6.3 Периодические испытания систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения. Диагностика. Тестирование**

6.3.1 В процессе эксплуатации системы отопления, ТХС должны подвергаться испытаниям: на прочность (все системы) и плотность (системы ХС), работоспособность устройств регулирования и безопасности (все системы).

6.3.2 Периодичность испытаний систем на прочность и плотность, работоспособность устройств регулирования и безопасности оборудования, должна соответствовать документации завода-изготовителя или инструкции по эксплуатации.

6.3.3 Для установок в состав которых входят сосуды (аппараты), на которые распространяются требования Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, испытания на прочность должны проводиться не реже 1 раза в 8 лет.

6.3.4 Периодичность гидростатических или манометрических испытаний на герметичность и гидравлическая регулировка сети трубопроводов проводятся в соответствии с инструкцией по эксплуатации, в обязательном порядке после проведения реконструкции систем и капитального ремонта.

6.3.5 Диагностика и (или) тестирование оборудования систем проводятся в соответствии с инструкцией по эксплуатации, а также после продолжительной остановки, подготовки к сезонной эксплуатации, в

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

обязательном порядке, при выявленных сбоях в работе оборудования систем.

### **6.4 Сбор исходных данных для реконструируемых систем отопления теплоснабжения и холодоснабжения**

6.4.1 Сбор исходных данных следует проводить в случаях реконструкции потребителей тепла/холода, а также при изменении технологического режима, в соответствии с ГОСТ Р 53778.

6.4.2 При сборе исходных данных для проектирования реконструируемых систем потребителей тепла/холода необходимо выполнить следующие работы:

- определить количество потребителей тепла/холода, подлежащих реконструкции;
- определить изменения в технологическом режиме реконструируемых систем потребителей тепла/холода;
- определить изменения в технических характеристиках и конструкции оборудования потребителей тепла/холода;
- определить целесообразность и возможность применения энергосберегающих решений, устройства установок утилизации тепла/холода.

6.4.3 По результатам сбора исходных данных составляют технический отчет с рекомендациями по реконструкции систем отопления ТХС, содержание которого приведено в приложении Б.

## **7 Пуск, испытание и наладка основных устройств и узлов систем отопления и тепло-холодоснабжения**

Системы отопления, теплоснабжения и холодоснабжения состоят из отдельных устройств, узлов, трубопроводных сетей, оборудования и т.д.

## **7.1 Холодильная установка**

7.1.1 Поставленная фирмой поставщиком оборудования или заводом-изготовителем холодильная установка в целом должна иметь технический паспорт с гарантийными обязательствами, инструкцию завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации, сертификат соответствия.

7.1.2 Если холодильная установка, в целом, прошедшая заводские испытания на прочность и плотность, имеет соответствующий документ, заправлена хладагентом, маслом, и срок консервации, установленный заводом-изготовителем, не закончился, то на месте эксплуатации, перед пуском холодильной установки в работу, испытания на прочность и плотность не проводятся.

7.1.3 Первый (пробный) (далее – первый) пуск и испытание холодильной установки.

7.1.3.1 Первый пуск и испытание холодильной установки выполняет исполнитель.

7.1.3.2 Перед первым пуском и испытанием холодильной установки необходимо:

- изучить проектную и рабочую документацию и проверить соответствие монтажа требованиям рабочей документации;

- проверить соответствие технических характеристик, имеющих на табличке «шильде» (далее – табличке) и в паспорте холодильной установки, данным исполнительной документации;;

**Примечание** – На табличке и в паспортных данных холодильной установки перечислены следующие данные:

- номер модели – типоразмер;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- маркировка ЕС;
  - серийный номер;
  - холодопроизводительность;
  - год изготовления, величина испытательного давления и дата проведения испытания на плотность соединений;
  - используемый холодильный агент;
  - заправка холодильным агентом контура;
  - PS (данные по давлению): минимальное/максимальное допустимое давление (со стороны высокого и низкого давления);
  - TS(данные по температуре): минимальная/максимальная допустимая температура (со стороны высокого и низкого давления);
  - давление отключения;
  - давление срабатывания реле давления;
  - давление испытания на герметичность;
  - величина напряжения, частота и число фаз;
  - максимальный потребляемый ток;
  - максимальная потребляемая мощность;
  - масса нетто.
- ознакомиться с инструкцией завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации холодильной установки;
- проверить правильность всех подсоединений холодильной установки, наличие предохранительных устройств, контрольно-измерительных приборов;
- проверить заправку холодильной установки хладагентом, для этого следует по показаниям установленных (или подсоединенных) манометров на холодильных контурах установки, перевести (по шкале линейки перевода или с помощью таблиц) величину давления хладагента, в температуру насыщения соответствующего хладагента (температура насыщения соответствующего хладагента должна показать температуру окружающего воздуха);

**Примечание** – Если значения температур насыщения хладагента и окружающего воздуха отличаются, то холодильная установка либо не заправлена, либо заправлена инертным газом, в этом случае выполняются мероприятия указанные в 7.1.9, 7.1.10.

- с помощью течеискателя проверить холодильный контур холодильной установки на герметичность, обратив внимание на места, где имеются подтеки масла;

- если в отдельном элементе холодильного контура установки обнаружена утечка хладагента, устранение утечки хладагента производится исполнителем самостоятельно или, если невозможно устранить утечку самостоятельно, составляется акт (рекламация), и он (она) передается заказчику или поставщику оборудования;

- после самостоятельного устранения утечки хладагента в отдельном элементе холодильного контура установки, исполнителем выполняются мероприятия указанные в п.п. 7.1.7, 7.1.8, 7.1.9, 7.1.10;

- проверить документацию, подтверждающую готовность систем электроснабжения и автоматики к пуску холодильной установки;

- проверить наличие заземления электродвигателей;

- подготовить средства измерений в соответствии с методикой выполнения измерений (раздел 5);

- подготовить таблицу предпусковых и пусковых контрольных проверок холодильной установки по регламенту приложения В.

**7.1.3.3 Первый пуск и испытание холодильной установки** осуществляется в следующем порядке:

- 1) открыть запорные вентиля соединительных трубопроводов конденсатора и испарителя (в том числе компрессора), вентиля на манометрах и указателях уровня индикатора;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

2) проверить уровень масла в компрессоре, он должен соответствовать не менее  $\frac{1}{2}$  части (или незначительно более) смотрового индикатора;

3) проверить в щите управления и автоматики установки, при отключенном электропитании (главный выключатель должен быть в положении «Выкл.»): очередность фаз на вводе, электрические соединения, условия контакта пускателей, техническое состояние управляющих контроллеров;

4) открыть запорные вентиля на трубопроводах испарителя, проверить наличие холодоносителя в испарителе и величину давления холодоносителя, до величины предварительного давления  $P_0$  и проверить отсутствие воздуха;

5) проверить по манометру на входе в испаритель, кратковременно включив на время от 5 до 7 сек., работоспособность циркуляционного насоса испарительного контура (см. 7.2 пуск, испытание и наладка насосной станции);

6) установить главный выключатель холодильной установки в положение «Вкл.», проверить: наличие и величину напряжения, срабатывания реле высокого давления, срабатывание средств управляющей и защитной автоматики, настройку программного обеспечения управляющего контроллера;

7) проверить по управляющему контроллеру холодильной установки, включение холодильной установки на прогрев масла, (при наличии в холодильной установке нагревателей для подогрева масла они включатся автоматически);

8) проверить уставки и значения параметров системы автоматики согласно разделу «Управление»;

9) установить переключатель работы холодильной установки в положение «местное» управление;

10) включить циркуляционный насос испарительного контура (не менее чем за 1 мин до запуска холодильной установки) со щита управления насосной станцией;

11) с блока управления холодильной установки включить холодильную установку (не ранее чем через 12 часов после включения холодильной установки на прогрев масла), через промежуток времени от 5 до 6 с начнет работать компрессор;

12) визуально проверить направление вращения вентиляторов охлаждения конденсатора (для холодильных установок с воздушным охлаждением конденсатора);

13) замерить величины напряжения и силы тока во всех фазовых линиях, они не должны превышать значений, указанных в таблице электрических характеристик;

14) проверить асимметрию фаз электропитания: по напряжению, отклонения должны быть не более 3 %, по силе тока – не более 10 %;

15) после выхода холодильной установки на режим работы (стабилизации температур и давлений) измерить параметры:

- фактическую температуру ( $T_{и\ хол\ вх}$ ,  $T_{и\ хол\ вых}$ ), и давление ( $P_{и\ хол\ вх}$ ,  $P_{и\ хол\ вых}$ ) холодоносителя: на входе в испаритель, на выходе из испарителя,

- фактический расход ( $G_{и\ хол\ факт.}$ ) холодоносителя в испарителе,

- фактическую температуру наружного воздуха на входе ( $t_{н\ в\ вх\ факт.}$ ) в конденсатор (для холодильных установок с воздушным охлаждением конденсатора);

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

- фактическую температуру воды ( $t_{\text{вод вх факт.}}$ ) на входе в конденсатор (для холодильных установок с водяным охлаждением конденсатора);

- фактическую величину давления на нагнетании (давление конденсации) ( $P_{\text{нагн к хлад факт.}}$ ) и всасывании (давления испарения) ( $P_{\text{всас к хлад факт.}}$ ) компрессора, полученные значения перевести (по шкале линейки перевода или с помощью таблиц) в соответствующие значения:

а) давление на нагнетании (давление конденсации) ( $P_{\text{нагн к хлад факт.}}$ ) – температура конденсации ( $T_{\text{к хлад факт.}}$ ) хладагента фактическая (температура на нагнетании компрессора);

б) давление на всасывании (давление испарения) ( $P_{\text{всас к хлад факт.}}$ ) – температура испарения (кипения) ( $T_{\text{и вых хлад факт.}}$ ) фактическая хладагента (температура на всасывании компрессора);

- фактическую величину давления испарения (кипения) ( $P_{\text{и вх хлад факт.}}$ ) хладагента на входе в испаритель, полученное значение перевести (по шкале линейки перевода или с помощью таблиц) в соответствующее значение температуры испарения (кипения) ( $T_{\text{и вх хлад факт.}}$ ) фактическое на входе хладагента в испаритель;

- фактическую температуру конденсации ( $T_{\text{конд вых хлад факт.}}$ ) на выходе жидкого хладагента из конденсатора;

16) определить фактическую величину перепада давления холодоносителя ( $\Delta P_{\text{и х факт.}}$ ) в испарителе:

$$\Delta P_{\text{и ж факт.}} = P_{\text{и ж вх}} - P_{\text{и ж вых}} \quad (1)$$

и проверить ее соответствие со значением перепада давления по каталогу ( $\Delta P_{\text{и х расч.}}$ );

17) проверить соответствие значений:

а) температуры конденсации фактическую ( $T_{к\ хлад\ факт.}$ ) хладагента, с ее значением по каталогу ( $T_{к\ хлад\ расч.}$ ),

б) температуры испарения (кипения) фактическую ( $T_{и\ хлад\ факт.}$ ) хладагента, с ее значением по каталогу ( $T_{и\ хлад\ расч.}$ );

18) проверить уровень масла в компрессоре и отсутствие пузырьков воздуха в смотровом индикаторе;

19) определить расход холодоносителя, на выходе холодоносителя из испарителя, проверить правильность настройки (при необходимости откорректировать настройку) дифференциального реле давления или, если вместо него установлено механическое реле протока (откорректировать настройку реле протока), прикрывая запорную задвижку на выходе холодоносителя (жидкости) из испарителя до тех пор пока компрессор не отключиться, убедиться, что компрессор отключился при уменьшении расхода холодоносителя (жидкости) в испаритель (20 % от величины номинального давления);

20) проверить по манометру, установленному в зоне нагнетания компрессора, правильность настройки (при необходимости откорректировать настройку) реле высокого давления, принудительно повышая давление хладагента в конденсаторе:

- для холодильных установок с воздушным охлаждением конденсатора, постепенно уменьшая расход воздуха через конденсатор (например – отключая вентиляторы конденсатора), до тех пор, пока компрессор не отключиться, убедиться, что компрессор отключился при снижении расхода воздуха для охлаждения конденсатора,

- для холодильных установок с водяным охлаждением конденсатора, постепенно прикрывая вентиль на выходе воды из конденсатора, до тех пор, пока компрессор не отключиться, убедиться,

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

что компрессор отключился при снижении подачи воды для охлаждения конденсатора;

21) проверить соответствие значений, при необходимости откорректировать, значения параметров по датчикам автоматики – по фактическим (измеренным) значениям параметров, фактические (измеренные) значения параметров имеют приоритет перед значениями параметров по датчикам автоматики;

22) результаты проверок и фактические значения параметров, выполняемые и измеряемые при подготовке к первому пуску, при работе в режиме холодильной установки после первого пуска, заносятся в таблицу предпусковых и пусковых контрольных проверок холодильной установки приложения Г.

23) холодильная установка непрерывно отработавшая, без аварийных отключений, в течение 6 часов считается выдержавшей испытание. По окончании работ составляется акт индивидуального испытания оборудования (приложение Д).

### **7.1.4 Наладка холодильной агрегированной установки.**

7.1.4.1 Наладку холодильной установки выполняет исполнитель.

7.1.4.2 Наладка холодильной установки заключается, в обеспечении автоматического заполнения испарителя жидким хладагентом до необходимого «уровня», при котором расчетное количество холодоносителя охлаждается до проектной температуры на выходе из испарителя.

7.1.4.3 «Уровень» жидкого хладагента в испарителе (величина условная), соответствует определенной величине перегрева хладагента (от 4 до 8°C), который поддерживается с помощью регулятора

перегрева – терморегулирующего вентиля (ТРВ) либо дифференциального регулятора давления.

7.1.4.4 Наладку (настройку) регуляторов перегрева ТРВ производят строго по инструкции заводов-изготовителей.

7.1.4.5 Результаты наладки признаются удовлетворительными, если рабочий режим холодильной установки характеризуется:

- отсутствием посторонних стуков в компрессорах и вентиляторах, повышенной вибрации корпуса установки;

- проектное количество холодоносителя охлаждается до проектной температуры на выходе из испарителя;

- температурой конденсации ( $T_{к.хлад\ факт.}$ ) (температура на нагнетании компрессора), которая должна быть выше значения:

- а) температуры воздуха ( $t_{н\ в\ вх\ факт.}$ ) на входе в конденсатор на величину от 15 до 20°С (для холодильных установок с воздушным охлаждением конденсатора),

- б) температуры воды ( $t_{вод\ вх\ факт.}$ ) на входе в конденсатор на величину от 4 до 6°С (для холодильных установок с водяным охлаждением конденсатора);

- температурой испарения (кипения)  $T_{и\ хлад\ факт.}$  хладагента (температура на всасывании компрессора), которая должна быть ниже температуры холодоносителя  $T_{и\ хол\ вых}$  на выходе из испарителя, на величину от 5 до 6°С;

- температурой «перегрева»  $T_{и\ вых\ хлад\ факт.}$  хладагента (температура на всасывании компрессора), которая должна быть на величину от 4 до 8°С выше температуры испарения (кипения) ( $T_{и\ вх\ хлад\ факт.}$ ) на входе хладагента в испаритель;

- температурой «переохлаждения» хладагента на выходе из конденсатора ( $T_{конд\ вых\ хлад\ факт.}$ ), которая должна быть на величину

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

от 3 до 5 °С выше температуры конденсации ( $T_{к\ хлад\ факт.}$ ) (температура на нагнетании компрессора);

- температурой «сжатого» хладагента на нагнетании компрессора температуры конденсации ( $T_{к\ хлад\ факт.}$ ), которая должна быть в пределах от 85 до 90 °С, и выше температуры конденсации на выходе из конденсатора ( $T_{конд\ вых\ хлад\ факт.}$ ), на величину от 30 до 40 °С;

- отсутствием утечек хладагента и масла;

- отсутствием колебаний стрелок манометров, отсутствием искрения в контактах датчиков-реле и магнитного пускателя;

- отсутствием утечки холодоносителя;

- отсутствием неохлаждаемых зон конденсатора при работе вентиляторов (для холодильных установок с воздушным охлаждением конденсатора) или отсутствием утечки охлаждающей воды из конденсатора (для холодильных установок с водяным охлаждением конденсатора);

- система автоматики холодильной установки обеспечивает поддержку заданных параметров работы холодильной установки.

7.1.4.6 Отклонения величин «перегрева» и «переохлаждения» хладагента холодильной установки свидетельствуют о том, что:

- повышенное «переохлаждение» (свыше 7 °С) указывает на избыток хладагента в конденсаторе (срабатывает реле высокого давления), соответственно недостаток хладагента приводит к уменьшению «переохлаждения»;

- повышенный «перегрев» (свыше 8 °С) указывает о недостатке хладагента в испарителе (срабатывает реле низкого давления), соответственно избыток хладагента приводит к уменьшению «перегрева».

7.1.5 Основные причины возможных неисправностей и алгоритм их выявления и устранения для конкретной холодильной установки, приводятся в руководстве по монтажу и эксплуатации в разделе «Неисправности».

7.1.6 Наладка холодильной установки в сборке при монтаже.

7.1.6.1 Холодильная установка, состоящая из отдельных элементов, и собираемая на месте монтажа, или холодильная установка с истекшим сроком консервации, в обязательном порядке должна быть подвергнута:

- испытанию на прочность;
- испытанию на плотность;
- вакуумированию;
- заправке хладагентом;
- заправке (дозаправке) маслом компрессора холодильного контура

холодильной установки, последнее - по необходимости.

7.1.7 Испытание на прочность холодильного контура холодильной установки.

7.1.7.1 Испытание на прочность холодильного контура холодильной установки производится исполнителем, проводящим весь комплекс ПНР.

7.1.7.2 Испытание холодильного контура холодильной установки на прочность проводятся путем заполнения магистралей сухим (точка росы не выше «минус» 40 °С) азотом под давлением. Давление испытания на прочность, указывается в технической документации конкретной холодильной установки и зависит от области её применения и типа хладагента.

7.1.7.3 Испытание на прочность необходимо проводить в следующей последовательности:

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

1) установить на холодильном контуре один манометр после запорного вентиля в зоне источника давления, а второй – в самой удаленной точке системы;

2) в холодильном контуре открыть запорные вентиля и при необходимости – электромагнитные клапаны – так, чтобы каждый участок контура имел возможность подачи и сброса азота.

3) отключить от холодильного контура все контрольно-измерительные приборы, а также другие элементы, не рассчитанные на давление испытания;

4) для проверки герметичности нанести на поверхности швов и разъемных соединений мыльный раствор;

5) повысить давление в холодильном контуре до величины давления испытания. Повышение давления следует осуществлять со скоростью не выше 0,1 МПа в минуту;

6) при достижении значений давлений равных: 30%, 60% от значения давления испытания, а также при давлении испытания, – необходимо прекращать повышения давлений и проводить каждый раз промежуточные визуальные осмотры и проверки наружной поверхности контура;

7) под давлением испытания система должна находиться не менее 10 мин, после чего давление следует постепенно снизить до расчетного, также указанного в технической документации.

8) результаты испытания признаются удовлетворительными, если во время испытаний не произошло разрывов, видимых деформаций, падения давления по показаниям манометра;

9) при обнаружении утечек, деформаций, разрывов, падения давления необходимо слить воду из холодильного контура, выполнить

работы по устранению неисправностей, залить холодильный контур водой и повторить предыдущие операции.

7.1.8 Испытания на плотность холодильного контура холодильной установки.

7.1.8.1 Испытание на плотность холодильной установки производится исполнителем.

7.1.8.2 Испытание холодильной установки на плотность проводится путем заполнения магистралей сухим (точка росы не выше «минус» 40 °С) азотом под давлением. Давление испытания на плотность, указывается в технической документации конкретной холодильной установки и зависит от области её применения и типа хладагента.

7.1.8.3 Испытания на плотность проводятся отдельно по сторонам высокого и низкого давления. При равенстве давлений испытания по сторонам высокого и низкого давления (например, для установок с воздухоохладителями) допускается проводить испытание на плотность всей системы.

7.1.8.4 При равенстве величины давлений испытания по сторонам высокого и низкого давлений, последовательность испытаний такова:

1) установить на холодильном контуре один манометр после запорного вентиля у источника давления, а второй – в самой удаленной точке системы;

2) в холодильном контуре открыть запорные вентиля и при необходимости – электромагнитные клапаны – так, чтобы каждый участок контура имел возможность подачи и сброса азота;

3) отключить от холодильного контура все контрольно-измерительные приборы, а также другие элементы, не рассчитанные на давление испытания;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

4) повысить давление в холодильном контуре до величины давления испытания. Повышение следует осуществлять со скоростью не выше 0,1 МПа в минуту;

5) при достижении давления, равного 0,3 и 0,6 давления испытания, необходимо прекратить повышение давления и провести промежуточный осмотр и проверку наружной поверхности контура;

6) после повышения давления в холодильном контуре установки до величины давления испытания, на установке не производится никаких манипуляций, в течение не менее 3 часов, с целью выравнивания температур внутренней и наружной среды;

7) зафиксировать давление в контуре и температуру окружающей среды;

8) выдержать установку под давлением испытания не менее 12 часов;

9) проверить давление в контуре. Изменений давления, кроме вызванных колебаниями температуры окружающей среды, быть не должно. Эти изменения определяются следующей зависимостью:

$$P_1/P_2=T_1/T_2 \quad (2),$$

где  $P_1, P_2$  – абсолютные значения давления газа в контуре, МПа;

$T_1, T_2$  – термодинамическая температура газа в контуре, К.

10) результаты испытания признаются удовлетворительными, если во время испытания не произошло разрывов, видимых деформаций, падения давления по показаниям манометра;

11) при обнаружении утечек, деформаций, разрывов необходимо сбросить давление из холодильного контура, выполнить работы по устранению неисправностей и повторить предыдущие операции.

7.1.8.5 При неравенстве величины давлений испытания для стороны высокого и низкого давлений, испытания проводятся в той же последовательности что и при равенстве величины давлений, только отдельно для каждой из сторон.

7.1.8.6 Испытания одной из сторон холодильной установки проводятся с учетом следующих мероприятий:

- испытываемая сторона холодильного контура (сосуд, аппарат, трубопровод) должна быть отсоединена от другой стороны с использованием металлических заглушек с прокладками, имеющими хвостовики, выступающие за пределы фланцев не менее, чем на 20 мм. Толщина заглушки указывается в документации;

- места расположения заглушек на время проведения испытания должны быть отмечены предупредительными знаками, и пребывание около них людей не допускается;

- использование запорной арматуры для отключения испытываемой стороны (сосуд, аппарат, трубопровод) не допускается.

7.1.9 Вакуумирование холодильного контура холодильной установки.

7.1.9.1 Холодильный контур установки, прошедший испытания на прочность и плотность, вакуумируется.

7.1.9.2 Вакуумирование холодильного контура установки производится исполнителем с целью удаления воздуха из агрегатов и трубопроводов и осушения холодильного контура установки.

7.1.9.3 Вакуумирование холодильного контура установки необходимо проводить в следующей последовательности:

- произвести сборку схемы вакуумирования с таким расчетом, чтобы расстояние между вакуумным насосом и холодильным контуром

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

установки было как можно меньшим, а диаметр соединительных шлангов как можно большим;

- подключить манометрический коллектор к холодильному контуру и убедиться в отсутствии избыточного давления. При наличии избыточного давления уменьшить его до атмосферного;

- при протяженных трассах трубопроводов рекомендуется разбить подлежащий вакуумированию участок на несколько подучастков (с помощью запорных вентилей) и проводить вакуумирование по подучасткам;

- подключить вакуумный насос к сервисным штуцерам вакуумируемого участка (подучастка) холодильного контура;

- подключить вакуумметр в наиболее отдаленной от места установки вакуумного насоса точке;

- открыть вентиль перед вакуумным насосом и, при необходимости, электромагнитные клапаны так, чтобы каждый участок (подучасток) подлежащего вакуумированию контура имел возможность подключения вакуумного насоса;

- включить вакуумный насос и отвакуумировать холодильный контур до остаточного давления. Остаточное давление следует принять 1 кПа;

**Примечание** – Вакуумирование холодильного контура рекомендуется проводить при положительных температурах окружающего воздуха, но не ниже +5°C.

- после достижения величины остаточного давления, следует продолжить вакуумирование в течение 18 часов, по окончании которого следует закрыть вентиль и выключить вакуумный насос;

- если при низких температурах не удастся достичь необходимой величины остаточного давления, то процесс вакуумирования следует

чередовать с процессом наддува сухим азотом (отсоединяя насос) до давления в пределах от 0,2 до 0,3 МПа.

Примечание – Запрещается подогревать участки холодильного контура открытым пламенем.

- если в первые 3 ч выдержки под вакуумом давление резко повышается до уровня давления насыщенных паров воды, соответствующего температуре окружающей среды в помещении, а затем стабилизируется, то, значит, система герметична, но не достаточно осушена. Необходимо продолжить вакуумирование. В таблице 2 приведена зависимость давления насыщенных паров воды от температуры окружающей среды;

Т а б л и ц а 2

|       |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| Т, °С | 0   | 4   | 8    | 12   | 16   | 20   | 24   | 28   | 32   |
| Р, Па | 610 | 812 | 1072 | 1401 | 1817 | 2337 | 2982 | 3778 | 4753 |

- если за 6 часов рост давления превысит 0,5 кПа и не стабилизируется на уровне давления насыщенных паров воды при температуре окружающей среды и продолжает расти, то установка негерметична. Следует произвести поиск и устранить причину негерметичности контура. После этого повторить работы по вакуумированию;

- результаты вакуумирования признаются удовлетворительными, если на холодильном контуре холодильной установки находящейся под вакуумом в течении 18 часов, за первые 6 ч произошло повышение давления не более чем в 1,5 раза (более 1,5 кПа), а в остальное время давление оставалось постоянным.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

7.1.10 Заправка хладагентом холодильного контура холодильной установки производится с соблюдением следующих правил.

7.1.10.1 После выполнения вакуумирования, холодильный контур холодильной установки заправляется хладагентом, указанным в технической документации. Заполнение иными хладагентами, не указанными в технической документации, не допускается.

7.1.10.2 Заправку хладагентом холодильного контура холодильной установки выполняет исполнитель.

7.1.10.3 В зависимости от мощности холодильной установки, заправку хладагентом производят из цистерн или баллонов, для этого в конструкции холодильного контура холодильной установки предусматриваются, в зависимости от мощности установки, заправочный коллектор, специальный вентиль или ниппель.

7.1.10.4 Заправку хладагентом, в зависимости от мощности установки, производят в линейный ресивер, жидкостный ресивер или в конденсатор.

7.1.10.5 Перед заправкой необходимо проверить, все ли манометры и приборы автоматизации на месте, сняты ли заглушки на сторонах нагнетания и всасывания компрессора.

7.1.10.6 Смесевые неазеатропные и псевдоазеатропные холодильные агенты типа R404A, можно заправлять только в жидкой фазе, баллон подключают к жидкостному ресиверу, и холодильный контур установки заправляют жидким холодильным агентом.

7.1.10.7 Хладагенты, являющиеся моновеществами типа R134A, R22 и азеатропные смеси типа R507, можно заправлять в жидкой и газовой фазах. При этом баллон присоединяют к всасывающей линии

холодильного контура работающей холодильной установки, и компрессор отсасывает из баллона пары хладагента в систему.

**Примечание** – Запрещается для ускорения заправки греть баллон с хладагентом газовой горелкой или ставить баллон с хладагентом в горячую воду.

7.1.10.8 Холодильный контур холодильной установки заправляют по массе, для чего используют весы или, что менее предпочтительно, зарядные цилиндры. В технической документации на холодильное оборудование должна быть указана масса заправки хладагентом.

7.1.10.9 Холодильный контур холодильной установки считается заправленным, если суммарная разница между первоначальным весом баллонов до заправки и весом баллонов с хладагентом после заправки, совпадает с массой заправки хладагентом, указанной в технической документации.

7.1.10.10 При заправке большого количества хладагента массу заправки контролируют приблизительно. Например, если необходимо заправить 500 кг хладагента, то общую массу заправки делят на массу хладагента в баллоне и получают необходимое количество баллонов. При этом считается, что если заправлены все баллоны, то масса заправки составляет требуемую величину.

7.1.11 Заправка (дозаправка) маслом компрессора холодильного контура холодильной установки (по необходимости) производится с соблюдением следующих правил.

7.1.11.1 Полугерметичный или открытый (сальниковый) компрессор, входящий в состав холодильного контура холодильной установки, должен быть заправлен определенным типом масла, указанным в технической документации.

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

7.1.11.2 Наличие и количество масла в компрессоре определяется по уровню масла в смотровом глазке на картере компрессора, он должен соответствовать не менее  $\frac{1}{2}$  части (или чуть более) смотрового индикатора.

7.1.11.3 При отсутствии масла или недостаточного уровня масла в смотровом индикаторе, исполнителем выполняется заправка (дозаправка) масла в компрессор.

7.1.11.4 Заправка (дозаправка) маслом компрессора производится при отсутствии или при наличии хладагента в холодильном контуре установки.

7.1.11.5 При наличии хладагента в компрессоре, следует:

- закрыть всасывающий клапан компрессора;
- снизить давление в картере компрессора до уровня менее 0 Па;
- отключить компрессор;
- закрыть его запорные вентиля;
- залить масло в картер компрессора до уровня не менее  $\frac{1}{2}$  части (или чуть более) смотрового индикатора;
- открыть его запорные вентиля и всасывающий клапан.

После выполнения всех процедур компрессор готов к работе.

7.1.11.6 При отсутствии хладагента в компрессоре, следует:

- отключить компрессор;
- залить масло в картер компрессора до уровня не менее  $\frac{1}{2}$  части (или чуть более) смотрового индикатора;
- отвакуумировать компрессор;
- открыть его запорные вентиля.

После выполнения всех процедур компрессор готов к работе.

7.1.12 По окончании испытаний холодильной установки (с истекшим сроком консервации или собранной из отдельных элементов на месте монтажа) на прочность и плотность, после процедур вакуумирования и заправки хладагентом, заправки (дозаправки) маслом компрессора (по необходимости) составляются акты по форме приложения Д.

7.1.13 Пуск, испытание и наладка холодильной установки, собранной из отдельных элементов на месте монтажа или с истекшим сроком консервации, после выполнения мероприятий указанных в 7.1.7, 7.1.8, 7.1.9, 7.1.10, 7.1.11, 7.1.12, выполняется в последовательности указанной в 7.1.4 и 7.1.6.

## **7.2 Насосная установка**

7.2.1 Пуск, испытания и наладка насосной установки, в том числе насосной агрегированной станции (далее насос), выполняет квалифицированный исполнитель, имеющий соответствующую квалификацию и документы на право производства таких работ.

7.2.2 Насос, прошедший заводские испытания, поставляемый на место монтажа, должен иметь технический паспорт с гарантийными обязательствами и (или) гарантийные талоны, инструкцию завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации, сертификат соответствия.

7.2.3 Первый пуск и испытание насоса.

7.2.3.1 Перед первым пуском насоса необходимо:

- изучить проектную и рабочую документацию и проверить соответствие монтажа требованиям рабочей документации;
- проверить соответствие технических характеристик, имеющихся на табличке «шильде» (далее – табличке) и в паспорте установки, данным исполнительной документации;

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

Примечание – На табличке и в паспортных данных насоса перечислены следующие данные:

- тип насоса;
  - модель;
  - серийный номер;
  - величина номинальной подачи;
  - величина номинального напора;
  - максимальное рабочее давление;
  - диапазон температуры перекачиваемой среды;
  - максимальная температура окружающей среды;
  - тип электродвигателя;
  - величина номинальной мощности;
  - номинальное напряжение, частота и ток, количество фаз;
  - частота вращения электродвигателя;
  - максимальный пусковой ток;
  - потребляемая мощность;
  - величина характеристики мощности  $\cos \varphi$ ;
  - масса нетто;
  - страна изготовления.
- ознакомиться с инструкцией завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации насоса;
- проверить правильность месторасположения насоса, как правило, насос должен быть установлена на линии подающего трубопровода холодоносителя в испаритель холодильной установки;
- проверить наличие и отсутствие повреждений виброкомпенсаторов на всасывании и нагнетании насоса, обратного клапана на нагнетании насоса, запорной, воздуховыпускной и сливной арматуры в обвязке насоса;

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

- проверить наличие обязательного сетчатого фильтра по воде на всасывании насоса, сетчатый фильтр по воде должен быть с размерами отверстия сетки в пределах от 0,5 до 1,5 мм.

Примечание — Не допускается:

- на линии трубопроводной магистрали «насос – испаритель холодильной установки», установка какой либо регулирующей арматуры;

- установка фильтра по воде с меньшими размерами отверстий сетки, чем 0,5мм.

- проверить наличие устройств автоматики, исправность контрольно-измерительных приборов (контрольно-измерительные приборы должны быть с непросроченными сроками поверки);

- убедиться в том, что монтаж всех соединений труб, оборудования и арматуры закончен, имеются акты промывки и гидростатических или манометрических испытаний на герметичность трубопроводов, в соединениях отсутствуют подтекания жидкости;

- проверить работоспособность (открыть-закрыть) всей запорно-регулирующей арматуры и вентилях для выпуска воздуха и слива воды;

- проверить наличие давления жидкости в трубопроводах циркуляционного контура, которое должно быть не ниже минимального значения  $P_{\text{мин}}$ , кПа (минимальное давление, определяется взаимным расположением насоса и самой высокой точки системы):

$$P_{\text{мин}} \geq 10 H, \text{ кПа} \quad (3),$$

где  $H$  – высота от точки установки насоса до верхней точки системы, м ( $P_{\text{мин}} \geq H$ , м вод.ст.);

- при недостаточном минимальном давлении жидкости в трубопроводах циркуляционного контура, добавить в контур необходимое количество жидкости с помощью системы (насоса) подпитки;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- проверить соответствие давления предварительной настройки расширительного бака  $P_0$ , Па, (давление воздуха/азота) данному циркуляционному контуру (при необходимости откорректировать давление);

- проверить наличие заземления электродвигателей;

- в щите управления и автоматики насоса, при отключенном электропитании (главный выключатель должен быть в положении «Выкл.»), проверить: очередность фаз на вводе, электрические соединения, условия контакта пускателей, техническое состояние управляющего контроллера.

7.2.3.3 Первый пуск и испытание насоса осуществляется следующим образом:

- открыть запорно-регулирующую арматуру (кроме сливной) и проверить отсутствие воздуха в циркуляционном контуре системы, приоткрыв вентиля для удаления воздуха (ручные или автоматические) и заглушку из отверстия для удаления воздуха на корпусе насоса – до появления жидкости;

- проверить закрытие вентиля для выпуска воздуха и заглушку в отверстия для удаления воздуха на корпусе насоса;

- проверить наличие электропитания насоса (насосов), главный сетевой выключатель должен быть в положении «Вкл.»;

- проверить уставки и значения параметров системы автоматики блока управления насоса, согласно разделу «Управление»;

- установить переключать работы насосной станции в «местное» управление;

- включить насос кнопкой «пуск» на щите автоматики и управления;

- проверить направление вращения электродвигателей насосов по стрелке на корпусе;
- измерить силу тока во всех фазовых линиях, которая не должна превышать значений, указанных в таблице электрических характеристик;
- проверить асимметрию фаз электропитания: по напряжению, она должна быть не более 3 %, по силе тока – не более 10 %;
- если насос оснащен частотным преобразователем со встроенным автоматическим регулятором частоты вращения электродвигателя, то выход на расчетный режим по расходу жидкости осуществляется методом постепенного приближения (задания) величины частоты вращения электродвигателя, от минимальной (40 % от номинальной величины частоты вращения электродвигателя) к требуемой;
- измерять текущие расходы жидкости на линии нагнетания насоса, в процессе выхода на проектный расход жидкости;
- определить полный напор насоса в проектном режиме (по показаниям манометров на нагнетании и всасывании насоса) и отметить полученные значения напора и расхода на каталожную характеристику насоса, проверить, работает ли он в своей характеристике;
- проверить настройку реле давления для пуска резервного насоса (реле низкого давления должно срабатывать, если давление в циркуляционном контуре, ниже минимально допустимого значения, оно должно быть не ниже значения минимального давления настройки дифференциального реле давления или механического реле протока холодильной установки).

7.2.4 Насос непрерывно отработавший, без аварийных отключений, в течение 6 часов считается выдержавшим испытание. По окончании испытания составляется акт индивидуального испытания оборудования (приложение Д).

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

### 7.2.5 Наладка насоса.

7.2.5.1 Наладка работы насоса заключается, в обеспечении циркуляции необходимого расхода холодоносителя, достаточного напора для нормальной системы.

7.2.5.2 Нормальная работа насоса характеризуется:

- отсутствием посторонних стуков, шумов, повышенной вибрации;

- отсутствием значительных колебаний стрелок манометров, отсутствием искрения в контактах датчиков-реле и магнитного пускателя;

- отсутствием утечки и подтекания жидкости;

7.2.6 Основные причины возможных неисправностей и алгоритм их выявления и устранения для конкретного насоса, приводятся в руководстве по монтажу и эксплуатации в разделе «Неисправности».

7.2.7 В насосной станции, состоящей из рабочего и резервного насосов, насосы могут работать только поочередно. Выбор насоса осуществляется переключателем на щите автоматике. Зеленый индикатор рядом с переключателем сигнализируют о том, какой насос в настоящее время работает. Красный индикатор, расположенный над переключателем, сигнализирует об аварийной ситуации.

7.2.8 Особенности работы насосной станции совместно с холодильной установкой.

При работе насосной станции совместно с холодильной установкой:

- перевести переключатель работы насосной станции на дистанционное управление;

- включить главный сетевой выключатель для запуска холодильной установки;

- циркуляционный насос включается в работу по команде блока управления холодильной установки;
- насосная станция включается в работу примерно за 1 минуту до пуска компрессора холодильной установки, позволяя вывести систему ХС на рабочий расход холодоносителя, и прекращает работу примерно через 2 минуты после остановки компрессора;
- включается основной насос, и реле давления контролирует давление на стороне нагнетания;

**Примечание** – При снижении давления ниже давления настройки реле, что может произойти при повреждении основного насоса, насос отключается, и через 10 секунд включается резервный насос. Включение красного индикатора, свидетельствует о наличии неисправностей отключенного насоса.

- дифференциальное реле перепада давления обеспечивает контроль перепада давления при работе циркуляционного насоса и отключает сигнал на холодильную установку при отсутствии циркуляции жидкости в системе.

**Примечание** – Как правило, дифференциальное реле перепада давления калибруется производителем: размыкается при перепаде давлений ниже 16 кПа (0,16 бар) и замыкается при перепаде выше 19 кПа (0,19 бар).

7.2.9 Периодически, но не реже чем через каждые три месяца, необходимо менять положение переключателя и роли насосов с основного на резервный и наоборот. Это обеспечит равномерное распределение времени наработки каждого насоса и равномерный износ деталей.

### **7.3 Мембранный расширительный бак**

7.3.1 Мембранный расширительный бак, прошедший заводские испытания, поставляемый на место монтажа, должен иметь технический паспорт или гарантийный (сервисный) талон, инструкцию завода-

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

изготовителя по монтажу и эксплуатации мембранного расширительного бака, сертификат соответствия.

7.3.2 Исполнителю перед первым заполнением мембранного расширительного бака необходимо:

- изучить рабочую документацию и проверить соответствие монтажа ее требованиям;

- проверить соответствие технических характеристик, имеющих на табличке «шильдe» (далее – табличке) и в паспорте расширительного бака, данным исполнительной документации;

**Примечание** – На табличке и в паспортных данных мембранного расширительного бака перечислены следующие данные:

- тип бака;
- заводской №;
- номинальный объём (V), литров;
- предварительное давление ( $P_0$ ), кПа (бар);
- год изготовления.

- проверить правильность места установки мембранного расширительного бака в системе;

**Примечание** – Как правило, мембранный расширительный бак должен быть установлен на трубопроводе всасывающей линии циркуляционного насоса.

- убедиться, что:

- а) запорная арматура на подводящем трубопроводе к мембранному расширительному баку защищена от непреднамеренного закрывания;

- б) мембранный расширительный бак имеет устройство для слива жидкости из бака;

в) в помещении, где установлен мембранный расширительный бак, предусмотрена возможность для опорожнения жидкости из бака и емкости для ее хранения (кроме воды – в качестве жидкости);

г) к подводящему трубопроводу мембранного расширительного бака не подключена линия подпитки системы (линия подпитки должна подключаться к циркуляционному контуру системы).

7.3.3 Определяют величину предварительного давления  $P_o$ , в соответствии с начальным (минимальным) давлением жидкости перед баком ( $H$ , м), исходя из расчета:

$$P_o = 10 H + 20, \text{ кПа} \quad (4)$$

где  $H$  – высота от точки установки мембранного расширительного бака до верхней точки системы (гидростатическое давление), м.

**Примечание** – Если мембранный расширительный бак устанавливается в верхней части системы, то минимальное давление принимается равным 150 кПа (1,5 бар) независимо от перепада высоты между точкой установки бака и потребителем холода.

7.3.4 Устанавливают манометр и определяют фактическое давление в мембранном расширительном баке на воздушном клапане пустого мембранного расширительного бака.

7.3.5 Настраивают предварительное давление  $P_o$ , по манометру на воздушном клапане мембранного расширительного бака. В случаях если  $P_o$  в воздушной камере бака, установленное изготовителем, выше предварительного давления  $P_o$ , избыточное количество воздуха/азота из бака удаляется через воздушный клапан, если  $P_o$  ниже, недостаточное количество воздуха/азота нагнетается через воздушный клапан, при помощи баллона с азотом или насосом компрессора.

## Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011

В случае получения по (4) величин, меньших 100 кПа, рекомендуется настраивать предварительное давление на значения:

$$P_o \geq 100 \text{ кПа} \quad (5),$$

7.3.6 Значение выставленного предварительного давления  $P_o$  указывают на табличке мембранного расширительного бака.

7.3.7 При необходимости проверяют расчетом номинальный объем ( $V_{\text{ном}}$ ) мембранного расширительного бака.

Исходными данными при расчете объема мембранного расширительного бака будут являться:

- объем жидкости (воды) в системе,  $V_{\text{сист}}$ , л;
- статическая высота (статическое давление); высота столба жидкости в системе, находящегося над баком (один метр столба жидкости создает давление 10 кПа (0.1 бар));
- предварительное давление мембранного расширительного бака  $P_o$ , Па.
- максимальное давление,  $P_{\text{макс}}$ , Па – максимальное давление в системе в месте установки мембранного расширительного бака;
- средняя температура системы ( $^{\circ}\text{C}$ ) – средняя температура системы в процессе ее работы.

7.3.8 Порядок расчета:

- определяется коэффициент расширения жидкости  $\kappa_{\text{расш}}$  (прирост объема, %) при ее нагреве (охлаждении) от 10  $^{\circ}\text{C}$  (принимается, что система заполняется при температуре 10  $^{\circ}\text{C}$ ) до средней температуры системы.

Примечание – При работе системы только в режиме охлаждения минимальная температура принимается равной +4 $^{\circ}\text{C}$ , максимальная температура – равной температуре окружающего воздуха от 35 до 40 $^{\circ}\text{C}$ .

Для определения коэффициента расширения используются диаграммы на рисунках 7.1 и 7.2.

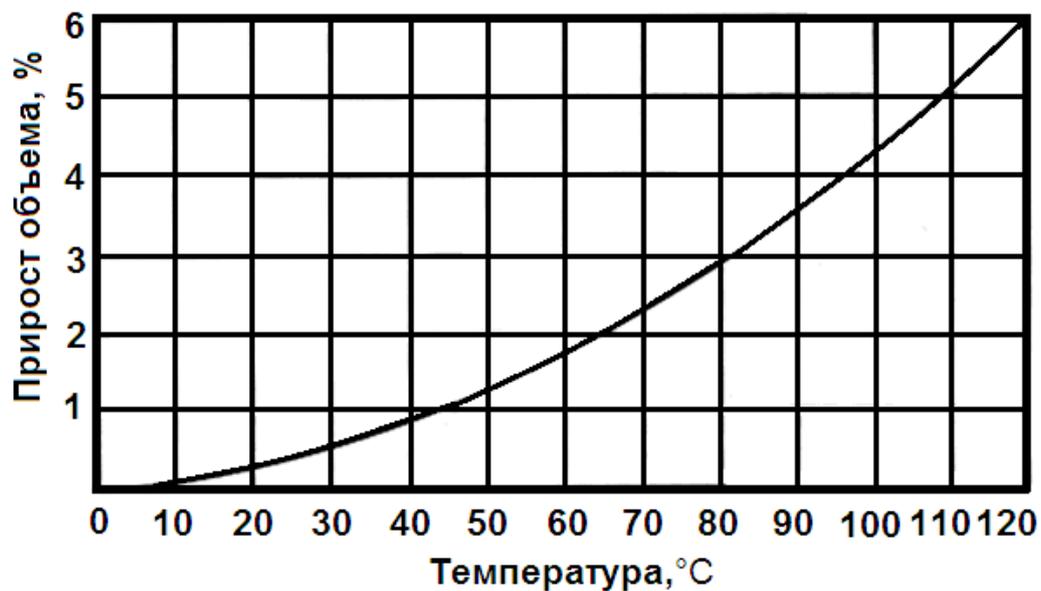
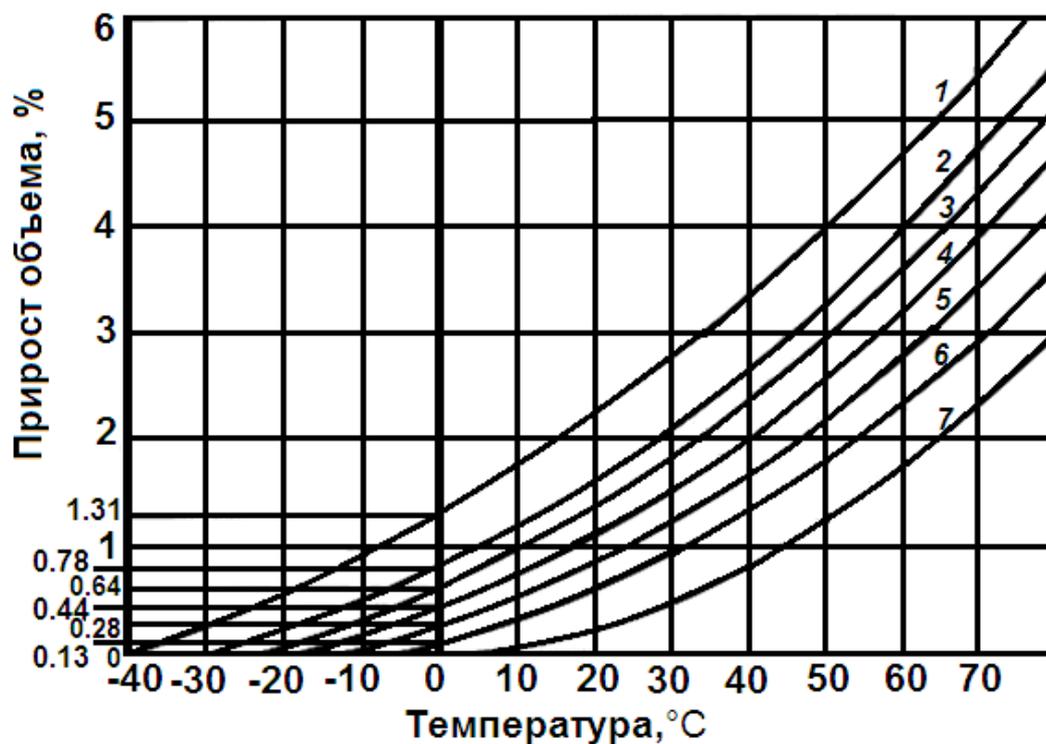


Рисунок 7.1 – Температурное расширение воды в % при ее нагреве (охлаждении) от 10 °C до средней температуры системы.



## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

1 – 52% (при «минус» 40°C), 2 – 44% (при «минус» 30°C), 3 – 39% (при «минус» 25°C), 4 – 34% (при «минус» 20°C), 5 – 28% (при «минус» 15°C), 6 – 20% (при «минус» 10°C), 7 – 0% (water)

Рисунок 7.2 – Температурное расширение смеси воды и этиленгликоля в % при ее нагреве (охлаждении) от 10°C до средней температуры системы

- определяется объем расширения  $V_{\text{расш}}$ , л – объем жидкости, вытесняющийся из системы при ее нагреве от 10 °C до средней температуры системы:

$$V_{\text{расш}} = V_{\text{сист}} \cdot \kappa_{\text{расш}} \quad (6);$$

где  $\kappa_{\text{расш}}$  – коэффициент расширения жидкости.

- определяется коэффициент заполнения мембранного расширительного бака (коэффициент эффективности)  $K_{\text{эфф}}$  при заданных условиях работы, который показывает максимальный объем жидкости (в процентах от полного объема мембранного расширительного бака), который может вместить бак:

$$K_{\text{эфф}} = (P_{\text{макс}} - P_o) / P_{\text{макс}} \quad (7);$$

- определяется требуемый номинальный объем  $V_{\text{ном}}$ , л мембранного расширительного бака:

$$V_{\text{ном}} = (V_{\text{расш}} \cdot 1,25) / K_{\text{эфф}} \quad (8);$$

- определяется модель мембранного расширительного бака с округлением в сторону ближайшего целого.

7.3.9 Если установленный мембранный расширительный бак имеет объем меньше расчетного ( $V_{\text{ном}}$ ), то:

- при повышении температуры жидкости в системе давление в низших точках системы может превысить максимально допустимое;

- при понижении температуры жидкости в системе давление в высших точках системы может оказаться ниже максимального необходимого.

7.3.10 После заполнения системы жидкостью и удаления из нее воздуха выставить значение начального давления  $P_n$  в воздушной камере мембранного расширительного бака, оно должно быть:

$$P_n \geq P_o + 30, \text{ кПа} \quad (9)$$

7.3.11 После подпитки системы до значения начального давления  $P_n$  и включения циркуляционного насоса (насосной станции), проверить значение конечного давления  $P_k$ , которое должно быть менее максимального допустимого значения давления  $P_{\text{макс}}$  для отдельных элементов системы (принимается наименьшее значение давления):

$$P_k \leq P_{\text{макс}} - 50, \text{ кПа} \quad (10),$$

в случае необходимости откорректировать значение давления до  $P_k$ .

7.3.12 Мембранный расширительный бак непрерывно отработавший, в течение 6 часов, считается выдержавший испытание. По окончании испытания составляется акт индивидуального испытания оборудования (приложение Д).

7.3.13 Наладка мембранного расширительного бака заключается, в обеспечении заданного давления тепло-холодоносителя необходимого и достаточного для нормальной работы системы.

7.3.14 Нормальная работа мембранного расширительного бака характеризуется:

- при повышении температуры жидкости в системе давление в низших точках системы не превышает максимально допустимое;
- при понижении температуры жидкости в системе давление в высших точках системы не ниже максимального необходимого.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

7.3.15 Основные причины возможных неисправностей и алгоритм их выявления и устранения для мембранного расширительного бака, приводятся в руководстве по монтажу и эксплуатации в разделе «Неисправности».

### **7.4 Предохранительный клапан**

7.4.1 Предохранительный клапан должен иметь технический паспорт и (или) гарантийный (сервисный) талон, инструкцию завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации, сертификат соответствия.

7.4.2 Перед первым опробованием предохранительного клапана необходимо:

- изучить рабочую документацию и проверить соответствие монтажа ее требованиям;
- проверить соответствие технических характеристик, имеющих на табличке «шильде» (далее – табличке) и в паспорте клапана, данным исполнительной документации;

**Примечание** – На табличке и в паспортных данных предохранительного клапана должны быть указаны следующие данные:

- условный проход;
  - максимальная температура среды, °С;
  - пропускная способность;
  - давление срабатывания;
  - год изготовления.
- проверить правильность места установки предохранительного клапана в системе, в соответствии с ГОСТ 12.2.085;

**Примечание** – предохранительный клапан должен устанавливаться на патрубках или на трубопроводах, непосредственно присоединенных к защищаемому

объекту, как правило, предохранительный клапан устанавливается вместе с расширительным баком.

- предохранительный клапан устанавливается таким образом, чтобы направление движения среды совпадало с направлением стрелки на корпусе клапана;

- предохранительный клапан должен устанавливаться в положение (вертикально или горизонтально) согласно паспортным данным;

- сопротивление трубопровода на участке от места присоединения к системе (резервуару) до предохранительного клапана не должно превышать 3 % от величины давления, на которое настроен клапан;

- на трубопроводе, подводящем рабочую среду к предохранительному клапану, установка запорной арматуры и устройств отбора рабочей среды – запрещается;

- предохранительный клапан должен иметь отводящий трубопровод для выбросов рабочей среды при срабатывании клапана;

- давление в отводящем трубопроводе не должно превышать давления рабочей жидкости в подводящем трубопроводе;

- на отводящем трубопроводе предохранительного клапана установка запорной арматуры – запрещается.

7.4.3 Пуск и испытание предохранительного клапана состоит в проверке срабатывания предохранительного клапана на значение максимально допустимого давления в системе ТХС методом создаваемого кратковременного повышения давления в месте расположения предохранительного клапана.

7.4.4 Предохранительный клапан считается выдержавшим испытание, если при проверке срабатывания клапана на значение максимально допустимого давления в системе – клапан автоматически открывается (давление в системе снижается до допустимого) и

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

автоматически закрывается (при достижении давления в системе до допустимого).

7.4.5 Настройка предохранительного клапана заключается, в обеспечении защиты системы ТХС от давления рабочей среды, превышающего максимально допустимое давление для данной системы.

7.4.6 Предохранительный клапан, имеющий заводскую пломбу, испытаниям не подлежит.

## **7.5 Теплообменник водяной пластинчатый**

7.5.1 Пластинчатый теплообменник систем ТХС, должен иметь технический паспорт с гарантийными обязательствами, инструкцию завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации, сертификат соответствия.

7.5.2 Перед первым пуском пластинчатого теплообменника (ПТО) необходимо:

- изучить рабочую документацию и проверить соответствие монтажа ее требованиям;
- проверить соответствие технических характеристик, имеющих на табличке «шильде» (далее – табличке) и в паспорте теплообменника, данным исполнительной документации;

**Примечание** – На табличке и в паспортных данных перечисляются следующие данные:

- производитель;
- тип ПТО/конструктивный ряд;
- заводской номер;
- дата изготовления;
- максимальная рабочая температура (сторона 1 / сторона 2);

- максимальное рабочее давление (сторона 1 / сторона 2);
  - испытательное давление (сторона 1 / сторона 2);
  - объём (сторона 1 / сторона 2);
  - расположение портов (сторона 1 / сторона 2);
  - размер пакета максимальный « $PP_{max}$ »;
  - размер пакета минимальный « $PP_{min}$ ».
- ознакомиться с инструкцией завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации ПТО;
- проверить, что теплообменник установлен горизонтально и имеет зону обслуживания не менее 1,0 м;
- проверить правильность установки ПТО, при этом соединительные фланцы трубопроводов, подлежащие присоединению со стороны подвижной (прижимной) плиты, должны быть установлены с поворотом от направляющих пластин, чтобы прижимная плита могла быть отодвинута к задней стойке до отказа.
- проверить трубопроводы, присоединенные к прижимной плите, которые должны иметь съемные отводы или разборные участки трубопровода для обеспечения возможности демонтажа ПТО;
- проверить размер пакета пластин ПТО, он должен быть стянут до нужного размера « $PP_{max}$ », в случае необходимости, подтянуть, но не менее размера « $PP_{min}$ »;
- убедиться в том, что монтаж всех соединений труб и арматуры закончен в соответствии с рабочей документацией, сторона 1 и сторона 2 ПТО заполнены жидкостью, находятся под давлением, имеется акт гидростатических или манометрических испытаний на герметичность сети трубопроводов, подсоединенных к ПТО, в соединениях отсутствует подтекание жидкости;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- проверить наличие и исправность контрольно-измерительных приборов – манометров и термометров на входах и выходах сторон 1 и сторон 2 (контрольно-измерительные приборы должны быть с непросроченными сроками поверки);

- проверить работоспособность всей запорно-регулирующей арматуры и вентилей для выпуска воздуха (открытие-закрытие).

7.5.3 Первый пуск ПТО исполнителем осуществляется следующим образом:

- закрыть запорные вентили на входах стороны 1 и стороны 2;  
- полностью открыть запорные вентили на выходах стороны 1 и стороны 2;

- открыть воздуховыпускные вентили на стороне 1 и стороне 2;  
- включить насосы по стороне 1 и стороне 2;  
- запорные вентили на входах стороны 1 и стороны 2 открывать постепенно, не создавая резкого повышения давления в системе;

- контролировать величины давления на входах, не допускать превышение величины давления на входах более значений максимального рабочего давления (сторона 1/ сторона 2) указанного на табличке ПТО (в случае, когда максимальное давление насоса на выходе может превышать максимальное рабочее давление на входе, необходимо устанавливать дросселирующее устройство на входе);

- удалять воздух из системы до появления жидкости, закрыть воздуховыпускные вентили на стороне 1 и стороне 2;

- измерить расходы жидкостей на входах и выходах стороны 1 и стороны 2;

- измерить температуры жидкостей на входах и выходах стороны 1 и стороны 2;

- зафиксировать (по показаниям манометров) давления жидкостей на входах и выходах стороны 1 и стороны 2.

7.5.4 Определить величины потерь давления жидкости в системах ТХС по стороне 1 и стороне 2 ПТО. Разность фактических и расчетных величин потерь давления жидкости, отдельно по стороне 1 и стороне 2, не должна быть больше, чем 0,5.

В случае если разность по стороне 1 и/или по стороне 2, превышает 0,5, то это свидетельствует о повышенной загрязненности по стороне 1 и/или по стороне 2 пластин ПТО, о чем составляется акт и передается Заказчику.

7.5.5 Определить фактическую производительность ПТО ( $Q_{\text{факт пто}}$ ) отдельно по стороне 1 и стороне 2:

$$Q_{\text{факт пто}} = c_{\text{р пто}} v_{\text{пто}} G_{\text{пто}} (t_{\text{пто 1}} - t_{\text{пто 2}}) \quad (11),$$

где  $G_{\text{пто}}$  – расход жидкости по стороне 1 (по стороне 2);

$t_{\text{пто 1}}$  – температура жидкости на выходе сторона 1 (на входе сторона 2);

$t_{\text{пто 2}}$  – температура жидкости на входе сторона 1 (на выходе сторона 2);

$v_{\text{пто}}$  – объемная масса жидкости по стороне 1 (по стороне 2);

$c_{\text{р пто}}$  – удельная теплоемкость жидкости по стороне 1 (по стороне 2).

7.5.6 Определить разницу значений фактических ( $\Delta Q_{\text{факт пто}}$ ) и расчетных величин ( $Q_{\text{расч пто}}$ ) производительности ПТО, отдельно по стороне 1 и стороне 2:

$$\Delta Q_{\text{факт пто}} = Q_{\text{расч пто}} - Q_{\text{факт пто}} \quad (12)$$

7.5.7 Определить соответствие  $\Delta Q_{\text{факт пто}}$  со значением  $Q_{\text{расч пто}}$  отдельно, по стороне 1 и по стороне 2.

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

Разница фактических и расчетных значений величин производительности  $\Delta Q_{\text{факт пто}}$  отдельно, по стороне 1 и стороне 2, не должна быть меньше, чем на 10 %. В случае, если фактическое значение величины производительности, меньше расчетного значения величины производительности, более чем на 10 %, составляется акт и передается Заказчику.

7.5.8 Нормальная работа ПТО характеризуется:

- отсутствием посторонних стуков, шумов, повышенной вибрации;
- отсутствием значительных колебаний стрелок манометров;
- отсутствием утечки и подтекания жидкости;
- стабильным поддержанием приведенных в рабочей документации значений температуры и давления жидкостей на выходах ПТО.

7.5.9 Основные причины возможных неисправностей и алгоритм их выявления и устранения для конкретного ПТО, приводятся в руководстве по монтажу и эксплуатации в разделе «Неисправности».

7.5.10 ПТО, работавший непрерывно в течение 6 часов без подтекания жидкостей в пакете пластин и соединениях, считается выдержавшим испытание. По окончании испытания составляется акт индивидуального испытания оборудования (приложение Д).

7.3.12 Наладка работы ПТО заключается в обеспечении приведенных в рабочей документации значений температуры и давлений жидкостей на выходе из ПТО, необходимых для нормальной работы системы.

## 7.6 Градирня

7.6.1 Устройствами для охлаждения жидкости вентиляторного типа могут быть открытые или закрытые (далее – градирни).

7.6.2 Градирня должна иметь технический паспорт с гарантийными обязательствами, инструкцию завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации, сертификат соответствия.

- Перед первым пуском градирни необходимо:
- изучить рабочую документацию и проверить соответствие монтажа ее требованиям;
- проверить соответствие технических характеристик, имеющих на табличке «шильде» (далее – табличке) и в паспорте установки, данным исполнительной документации;

Примечание – На табличке и в паспортных данных перечисляются следующие данные:

- производитель;
- марка градирни /конструктивный ряд;
- заводской номер;
- дата изготовления;
- производительность;
- расход охлаждаемой жидкости;
- номинальная температура охлаждаемой жидкости;
- мощность/частота вращения электродвигателей вентиляторов;
- количество вентиляторов;
- напряжение/количество фаз/частота;
- масса;
- давление насоса.

7.6.3 До первого пуска градирни необходимо также:

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- ознакомиться с инструкцией завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации градирни;
- проверить, что градирня установлена горизонтально (с точностью до 0,5 мм на 1 м по всей длине и ширине градирни) и имеет зону обслуживания не менее 1,0 м;
- проверить, что монтаж всех подсоединений труб и арматуры к градирне закончен;
- проверить наличие и исправность контрольно-измерительных приборов;
- проверить наличие: полного количества установленных форсунок, пакета каплеотделителей, пакета оросителей;
- проверить чистоту водяного бака, воздухозаборных сеток вентиляторов, каплеотделителей, оросителей, наружной поверхности секции теплообмена (для градирен закрытого типа), водяного фильтра;
- проверить, что рабочее колесо вентилятора (вентиляторов) свободно вращается, для этого вручную прокрутить их;
- проверить и при необходимости отрегулировать натяжение ремня (ремней) вентилятора (вентиляторов), прогиб на свободной длине ремня должен быть не более 10 мм на 1,0 м свободной длины ремня;
- проверить наличие поплавкового клапана на подаче водопровода к градирне и убедитесь в том, что он свободно открывается и закрывается;
- убедиться в том, имеется акт гидростатических или манометрических испытаний на герметичность сетей трубопроводов подпитки и охлаждаемой воды, в соединениях отсутствует подтекание жидкости, трубопроводы находятся под давлением воды;

- проверить работоспособность всей запорно-регулирующей арматуры и вентилей для выпуска воздуха (кратковременно открыть-закрыть);

- проверить наличие заземления электродвигателей насоса и вентилятора (вентиляторов);

- в щите управления и автоматики градирни, насоса при отключенном электропитании (главный выключатель должен быть в положении «Выкл.»), проверить: очередность фаз на вводе, электрические соединения, условия контакта пускателей, техническое состояние управляющего контроллера.

7.6.4 Первый пуск градирни осуществляется следующим образом:

- открывают запорный вентиль на трубопроводе заполнения и подпитки водой градирни, заполнить бак градирни водой из водопровода до уровня перелива;

- устанавливают поплавковый подпиточный клапан таким образом, чтобы он закрывался, когда поплавок находится примерно на 13 мм ниже уровня перелива;

- открывают запорный вентиль на трубопроводе охлаждаемой воды;

- проверяют наличие электропитания насоса и вентилятора (вентиляторов), главный сетевой выключатель градирни должен быть в положении «Вкл.»;

- устанавливают на щите автоматики переключатель работы градирни в местное управление;

- включают насос кнопкой «пуск» на щите автоматики;

- проверяют направление вращения электродвигателя насоса по стрелке на корпусе;

- проверяют равномерность распределения струй воды из форсунок;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- включают вентилятор (вентиляторы) кнопкой «пуск» на щите автоматики;
- проверяют правильность направления вращения, указанную стрелкой на корпусе вентилятора (вентиляторов);
- замеряют силу тока во всех фазовых линиях, которая не должна превышать значений, указанных в таблице электрических характеристик насоса и вентилятора (вентиляторов);
- проверяют асимметрию фаз электропитания: по напряжению, она должна быть не более 3 %, по силе тока – не более 10 %;
- проверяют давление воды перед форсунками, оно не должно превышать величины давления указанной в паспортных данных градирни (табличке).

Примечание – В случае, когда максимальное давление насоса на выходе может превышать величину давления воды перед форсунками, необходимо устанавливать дросселирующее устройство на входном патрубке водораспределительного коллектора.

В случае, когда давление насоса на выходе меньше паспортной величины давления воды перед форсунками более, чем на 10 %, составляется Акт и передается Заказчику.

### **7.6.5 Особенности работы градирни заблокированной с холодильной установкой**

При работе градирни заблокированной с холодильной установкой:

- перевести переключатели работы градирни на пульте управления градирни и циркуляционного насоса конденсаторного контура холодильной установки, на пульте управления насоса в дистанционное управление;
- включить главный сетевой выключатель для пуска холодильной установки;

- включить главный сетевой выключатель для пуска холодильной установки;
- циркуляционный насос и градирня включатся в работу по команде собственного блока управления холодильной установки;
- измерить после выхода на проектный режим работы холодильной установки значения фактических расхода и температуры охлаждаемой воды на входах и выходах градирни;
- определить, по показаниям манометров, значения давления охлаждаемой воды на входах и выходах градирни;
- проверить, что минимальная температура охлажденной воды наружного воздуха, на величину от 3 до 4 °С (в проектном режиме работы холодильной установки);
- измерить значение расхода подпиточной воды (по времени заполнения мерной емкости) и при необходимости отрегулировать скорость перелива с помощью

$$Q_{\text{факт град}} = c_{\text{р град}} \cdot v_{\text{град}} \cdot G_{\text{град}} \cdot (t_{1\text{град}} - t_{2\text{град}}) \quad (13),$$

где  $G_{\text{град}}$  – расход охлаждаемой воды;

$t_{1\text{град}}$  – температура охлаждаемой воды на входе;

$t_{2\text{град}}$  – температура охлаждаемой воды на выходе;

$v_{\text{град}}$  – объемная масса охлаждаемой воды;

$c_{\text{р град}}$  – удельная теплоемкость охлаждаемой воды.

7.6.9 Определяют разницу значений фактических ( $Q_{\text{факт град}}$ ) и расчетных величин ( $Q_{\text{расч град}}$ ) производительности градирни:

$$\Delta Q_{\text{факт град}} = Q_{\text{расч град}} - Q_{\text{факт град}} \quad (14)$$

7.6.10 Определяют соответствие  $\Delta Q_{\text{факт град}}$  со значением  $Q_{\text{расч град}}$ .

Разница фактических  $\Delta Q_{\text{факт град}}$  и расчетных  $Q_{\text{расч град}}$  значений величин производительности градирни не должна быть меньше, чем на 10 %.

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

В случае если фактическое значение величины производительности меньше расчетного значения величины производительности, более чем на 10 %, составляется акт и передается Заказчику.

7.6.11 Наладка работы градирни заключается в обеспечении проектной производительности градирни, достаточной для нормальной работы конденсатора холодильной установки.

7.6.12 Нормальная работа градирни характеризуется:

- отсутствием посторонних стуков, шумов, повышенной вибрации;

- отсутствием значительных колебаний стрелок манометров, отсутствием искрения в контактах датчиков-реле и магнитного пускателя;

- отсутствием утечки и подтекания холодоносителя (жидкости);

- отсутствием уноса воды с градирни более 1 % от расхода охлаждаемой воды;

- стабильным поддержанием проектных значений температуры и давления охлаждаемой жидкости на выходе градирни.

7.6.13 Основные причины возможных неисправностей и алгоритм их выявления и устранения для конкретной градирни, приводятся в руководстве по монтажу и эксплуатации в разделе «Неисправности».

7.6.14 Градирня непрерывно отработавшая, без аварийных отключений, в течение 6 часов считается выдержавшей испытание. По окончании испытания составляется акт индивидуального испытания оборудования (приложение Д).

7.6.15 При наличии у градирни резервного циркуляционного насоса (один насос основной, другой резервный) насосы работают поочередно. Выбор осуществляется переключателем на щите автоматике. Зеленый индикатор рядом с переключателем сигнализируют о том, какой насос в настоящее время работает. Красный индикатор, расположенный над переключателем, сигнализирует об аварийной ситуации.

### **7.7 Охладитель жидкости сухого типа (драйкулер)**

7.7.1 Устройством для охлаждения жидкости сухого типа является охладитель жидкости (драйкулер) (далее – охладитель), прошедший заводские испытания, имеющий технический паспорт с гарантийными обязательствами, инструкцию завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации, сертификат соответствия.

7.7.2 Перед первым пуском охладителя необходимо:

- изучить рабочую документацию и проверить соответствие монтажа ее требованиям;
- проверить соответствие технических характеристик, имеющих на табличке «шильде» (далее – табличке) и в паспорте холодильной установки, данным исполнительной документации;

**Примечание** – На табличке и в паспортных данных перечисляются следующие данные:

- производитель;
- тип агрегата;
- заводской номер;
- дата изготовления;
- максимальное/минимальное давление;
- максимальная/минимальная температура;
- давление испытания;
- дата испытания;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- жидкость для испытания;
- объем;
- тип вентиляторов.
  
- ознакомиться с инструкцией завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации охладителя;
- проверить, что охладитель установлен горизонтально по уровню и имеет зону обслуживания не менее 1,0 м;
- проверить наличие и исправность контрольно-измерительных приборов;
- убедиться в том, что монтаж всех подсоединений закончен, теплообменник охладителя промыт и заполнен жидкостью;
- проверить наличие акта гидростатических или манометрических испытаний на герметичность сети трубопроводов охлаждаемой жидкости конденсаторного контура, в соединениях отсутствует подтекание жидкости, трубопроводы находятся под давлением жидкости;
- проверить работоспособность всей запорно-регулирующей арматуры и вентилях для выпуска воздуха (кратковременно открыть-закрыть);
- проверить чистоту наружной поверхности секции теплообменника охладителя, при необходимости очистить;
- проверить состояние вентилятора (вентиляторов) охладителя и защитной сетки;
- проверить наличие заземления электродвигателей вентилятора (вентиляторов);
- в щите управления и автоматики охладителя при отключенном электропитании (главный выключатель должен быть в положении «Выкл.») проверить:

- а) очередность фаз на вводе;
- б) электрические соединения;
- в) условия контакта пускателей;
- г) техническое состояние управляющего контроллера;

**Примечание** – Как правило, в конденсаторном контуре «конденсатор холодильной установки – охладитель», циркулирует незамерзающий водный раствор этилен(пропилен)гликоля. Концентрация водного раствора этилен(пропилен)гликоля должна применяться в соответствии с минимальной температуре наружного воздуха в месте расположения охладителя.

**7.7.3 Первый пуск охладителя осуществляется следующим образом:**

- открывают запорно-регулирующую арматуру на трубопроводах входа и выхода охладителя конденсаторного контура;
- открывают воздуховыпускные вентили, удаляют воздух из охладителя (до появления жидкости), закрывают воздуховыпускные вентили;
- проверяют наличие электропитания циркуляционного насоса конденсаторного контура и вентилятора (вентиляторов) охладителя, главные сетевые выключатели должны быть в положении «Вкл.»;
- на щите управления и автоматики охладителя устанавливают переключатель работы охладителя в местное управление;
- включают вентилятор (вентиляторы) кнопкой «пуск» на щите автоматики охладителя;
- проверяют правильность направления вращения вентилятора (вентиляторов), поток воздуха должен входить и идти равномерно через всю наружную поверхность секции теплообменника;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- включают циркуляционный насос конденсаторного контура кнопкой «пуск» на щите автоматики насоса;
- проверяют направление вращения электродвигателя циркуляционного насоса по стрелке на корпусе;
- измеряют силу тока во всех фазовых линиях, которая не должна превышать значений, указанных в таблице электрических характеристик циркуляционного насоса и вентилятора (вентиляторов);
- проверяют асимметрию фаз электропитания: по напряжению, она должна быть не более 3 %, по силе тока – не более 10 %;
- контролируют величину давления на входе в охладитель, не допуская превышения величины давления на входе охладителя более значений максимального рабочего давления указанного на шильде охладителя (в случае, когда максимальное давление циркуляционного насоса на выходе может превышать максимальное рабочее давление на входе охладителя, необходимо устанавливать дросселирующее устройство на входе охладителя);
- по показаниям манометров определяют значения давления жидкости на входе и выходе охладителя;
- определяют фактическую величину потерь давления жидкости в охладителе;
- определяют значение разницы между фактической величиной потерь давления жидкости в охладителе и расчетной величиной потерь давления жидкости в охладителе;

**Примечание** – Значение разницы между фактической величиной потерь давления жидкости в охладителе и расчетной величиной потерь давления жидкости в охладителе – не должно быть больше, чем 50 кПа (0,5 бар).

В случае если это значение превышает 50 кПа (0,5 бар), то это свидетельствует о повышенной загрязненности внутренней поверхности трубок охладителя, о чем составляется акт и передается Заказчику.

- проверяют отсутствие протечек жидкости в секции теплообменника.

7.7.4 Особенности работы охладителя заблокированного с холодильной установкой.

При работе охладителя заблокированного с холодильной установкой:

- перевести на щитах автоматики переключатели работы циркуляционного насоса конденсаторного контура холодильной установки и охладителя в дистанционное управление;

- включить главный сетевой выключатель для запуска холодильной установки;

- охладитель и циркуляционный насос конденсаторного контура включать в работу по команде собственного блока управления холодильной установки;

- измерить после выхода на проектный режим работы холодильной установки, значения фактических расходов и температуры жидкости на входе и выходе охладителя;

- определить по показаниям манометров значение давления жидкости на входе и выходе охладителя;

- проверить значение температуры жидкости на выходе охладителя, которое должно быть ниже значения температуры жидкости на входе охладителя, на величину от 4 до 5 °С (в расчетном режиме).

7.7.5 Фактическую величину производительности охладителя определяют по формуле:

$$Q_{\text{факт охл}} = c_{\text{р охл}} v_{\text{охл}} G_{\text{охл}} (t_{\text{охл1}} - t_{\text{охл2}}) , \quad (15)$$

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

где  $G_{\text{охл}}$  – расход охлаждаемой жидкости;

$t_{\text{охл1}}$  – температура охлаждаемой жидкости на входе;

$t_{\text{охл2}}$  – температура охлаждаемой жидкости на выходе;

$v_{\text{охл}}$  – объемная масса охлаждаемой жидкости;

$c_{p \text{ охл}}$  – удельная теплоемкость охлаждаемой жидкости.

7.7.6 Определяют разницу значений фактических ( $Q_{\text{факт охл}}$ ) и расчетных величин ( $Q_{\text{расч охл}}$ ) производительности охладителя:

$$\Delta Q_{\text{факт охл}} = Q_{\text{расч охл}} - Q_{\text{факт охл}} \quad (16)$$

7.7.7 Определяют соответствие  $\Delta Q_{\text{факт охл}}$  со значением  $Q_{\text{расч охл}}$ .

Разница фактических  $\Delta Q_{\text{факт охл}}$  и расчетных  $Q_{\text{расч охл}}$  значений величин производительности, не должна быть меньше, чем на 10 %.

В случае если фактическое значение величины производительности, меньше расчетного значения величины производительности, более чем на 10 %, составляется акт и передается Заказчику.

7.7.8 Наладка работы охладителя заключается, в обеспечении расчетной производительности, достаточной для нормальной работы конденсатора холодильной установки.

7.7.9 Оптимальная работа охладителя характеризуется:

- отсутствием посторонних стуков, шумов, повышенной вибрации;

- отсутствием постоянных колебаний стрелок манометров, отсутствием искрения в контактах датчиков-реле и магнитного пускателя;

- отсутствием протечки жидкости в оборудовании и трубопроводах;

- стабильным поддержанием расчетных значений температуры и давления охлаждаемой жидкости на выходе охладителя.

7.7.10 Основные причины возможных неисправностей и алгоритм их выявления и устранения для конкретного охладителя, приводятся в руководстве по монтажу и эксплуатации в разделе «Неисправности».

7.7.11 Охладитель, работавший непрерывно в течение 6 часов, без аварийных отключений, считается выдержавшим испытание.

7.7.12 По окончании испытания составляется акт индивидуального испытания оборудования (приложение Д).

## **7.8 Регулирующий клапан теплообменника**

7.8.1 Цель испытания и наладки – определение статической характеристики, максимальной пропускной способности регулирующего клапана и обеспечение требуемых технических характеристик процесса регулирования при фактическом перепаде давления.

7.8.2 Испытание клапана следует производить после наладки воздухонагревателя (воздухоохладителя) и регулирования трубопроводной сети системы.

7.8.3 Перед испытанием необходимо:

- определить тип регулирующего клапана и его паспортные характеристики ( $D_y$ ,  $K_v$ ,  $P_y$ ,  $T_{max}$ , и т.д.);
- выполнить ревизию клапана;
- проверить легкость хода затвора клапана;
- закрыть обвод клапана по тепло-хладоносителю;
- установить термометры при наличии гильз на трубопроводах;
- подключить к электропитанию исполнительный механизм клапана при отсутствии ручного привода;

## Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011

- установить клапан в положение «открыто».

### 7.8.4 Испытания проводить в следующей очередности:

- измерить давления по манометрам, установленным в подающем и обратном трубопроводах сети или в коллекторах теплового ввода,  $P_1$  и  $P_2$ , кПа;

- определить располагаемый перепад давлений системы;

- определить на клапане фактический перепад давлений  $\Delta P_0$ , кПа, по формуле

$$\Delta P_0 = P_1 - P_2 - 9,81 \Delta h \quad (17)$$

где  $\Delta h$  – разность уровней установки манометров относительно отметки пола, м;

- открыть клапан, зафиксировать максимальное положение штока клапана  $h_I$ , мм;

- закрыть клапан, зафиксировать минимальное положение штока клапана  $h_{II}$ , мм;

- определить величину полного хода рабочего органа клапана  $h_{\text{макс}}$ , мм, по формуле

$$h_{\text{макс}} = h_I - h_{II} \quad , \quad (18)$$

Величину полного хода рабочего органа по данным испытания сравнивают с техническими характеристиками, и при отличии более чем на 15 % выполняют ревизию клапана.

### 7.8.5 Расход тепло-холодоносителя определяют прямыми измерениями:

- способом заполнения мерных резервуаров с отсчетом времени заполнения;

- взвешиванием с отсчетом времени заполнения;

- с помощью водомера;

- измерительной диафрагмы с подключенным к ней дифференциальным манометром;

- а также или косвенным способом, путем пересчета теплового баланса теплообменника.

7.8.6 При измерении расхода тепло-холодоносителя с помощью мерных резервуаров последние должны быть снабжены градуированными указателями уровня. Малые количества жидкости можно измерять в калиброванных емкостях.

7.8.7 Определение мерного отверстия диафрагмы для измерения расхода воды при наладке или испытаниях теплообменников, использующих воду в качестве тепло-холодоносителя, с достаточной точностью можно производить по графикам, приведенным в справочниках [5].

Расход воды через измерительную диафрагму  $W$ , м<sup>3</sup>/с, определяют на основании показаний дифференциального манометра, по перепаду давления.

7.8.8 Определяют рабочий ход клапана и диапазон изменения расхода воды. Если расчетный расход тепло-холодоносителя достигается при полном открытии, качество регулирования следует считать приемлемым, если для регулирования используется не более 50 % рабочего хода клапана, следует изменить расчетный перепад давления или клапан.

7.8.9 Расход тепло-холодоносителя, перепад давления на клапане и теплоотдача теплообменника взаимосвязаны, и, следовательно, определяют температурный критерий.

7.8.10 Для определения температурного критерия при максимальной пропускной способности клапана следует:

- полностью открыть клапан;

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

- измерить температуры воздуха до и после теплообменника,  $t_1$  и  $t_2$ , °С;

- измерить температуры тепло-холодоносителя,  $T_1$  и  $T_2$ , °С;

- определить температурный критерий по формуле

$$Y = t_2 - t_1 / T_1 - T_2 \quad (19)$$

- определить отношение водяных эквивалентов воздуха и тепло-холодоносителя по формуле

$$W = t_2 - t_1 / T_1 - T_2 \quad (20)$$

- определить максимальную пропускную способность клапана,  $W_{\text{макс}}$ , кг/с, по формуле

$$W_{\text{макс}} = G \cdot W \quad (21)$$

7.8.11 Максимальную пропускную способность клапана  $W_{\text{макс}}$  по данным испытания сравнивают с расчетной пропускной способностью  $W_p$ . Если отличие от расчетного значения составляет 10 % и более, то необходимо выполнить ремонт клапана или заменить клапан.

7.8.12 Если пропускная способность клапана соответствует требуемым условиям, выполнить аналогичные испытания на 4-х промежуточных положениях клапана, отмечая положения хода рабочего органа клапана  $h_1, \dots, h_4$ , мм.

7.8.13 Результаты испытаний представляют в нормированном виде по формулам

$$\bar{h}_i = h_i / h_{\text{макс}} \quad , \quad (22)$$

$$\bar{Y}_i = Y_i / Y_{\text{макс}} \quad , \quad (23)$$

где  $i=1, \dots, 4$

и строят статическую характеристику клапана в координатах  $\bar{Y}$  и  $\bar{h}$ .

7.8.14 По конфигурации характеристики определяют рабочий диапазон регулирования клапана и соответствия его характеристики настройке регулятора.

При анализе работы клапана следует учитывать, что его характеристики определялись на стенде, на котором имеются прямые участки труб, расположенные до клапана на расстоянии не менее  $20 D_y$  и после клапана на расстоянии не менее  $15 D_y$ , что не обеспечивается в реальных условиях.

## **7.9 Термостатический вентиль**

7.9.1 Термостатический вентиль представляет собой регулятор, работающий без привлечения вспомогательной энергии.

Термостатический вентиль является частью контура регулирования системы автоматического регулирования температуры в помещении, включающий датчик температуры, регулирующее устройство и клапан. Типы термостатических вентилях и варианты размещения датчиков приведены на рисунке 7.3.

7.9.2 Измерительный датчик встроен непосредственно корпус термостатического вентиля. Повышение температуры в его окружении вызывает расширение рабочей среды, заполняющей датчик (жидкость/пар, жидкость, твердое вещество), что приводит к перемещению клапана и изменению теплоотдачи отопительного прибора.

7.9.3 До настройки термостатического вентиля следует проверить место установки чувствительного элемента датчика, которое характеризуется усредненной температурой помещения.

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

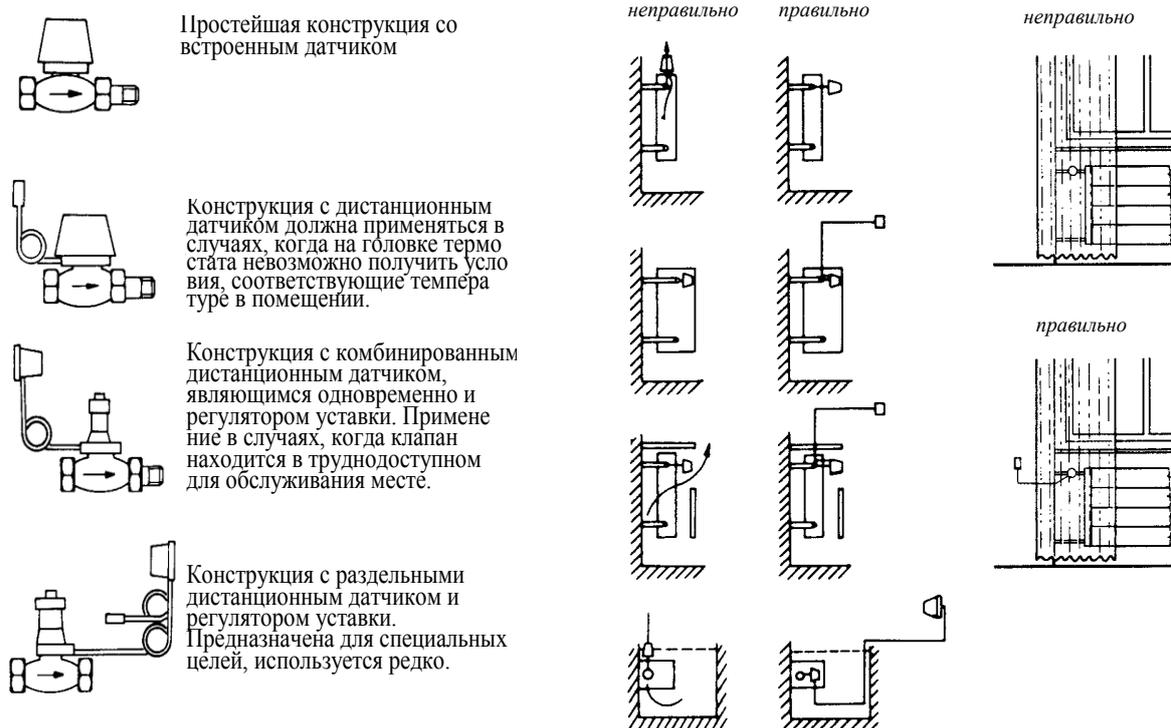


Рисунок 7.3 – Типы конструкции термостатического вентиля и варианты размещения датчика

7.9.4 Характеристика термостатического вентиля. Кривая характеристики термостатического вентиля при постоянной разности давлений на вентиле, (0,1 кПа) представлен на рисунке 7.4. Из рисунка видно, что характеристика пропорционального регулятора имеет высокую степень нелинейности. Область пропорциональности (область П) в данном примере составляет 6 К и является заданной.

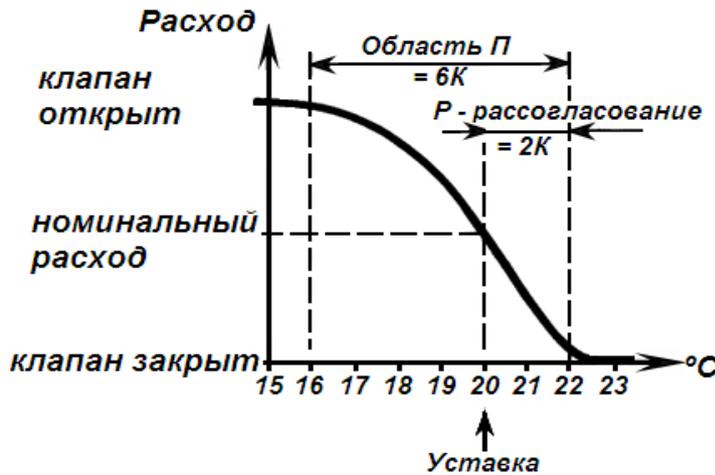


Рисунок 7.4 – Идеальная характеристика термостатического вентиля (гистерезис не показан,  $\Delta P = 0,1$  – постоянное)

Для термостатического вентиля решающим фактором, определяющим качество регулирования, является не область П, а область Р–рассогласование между номинальным расходом и закрытым клапаном, поскольку именно на этой области будет сосредоточена работа вентиля.

При проверке гидравлических параметров основной задачей является оптимизация Р–рассогласования.

Если Р–рассогласование задать слишком большим, то и температура в помещении должна будет повыситься, чтобы термостатический вентиль мог среагировать (постоянное рассогласование);

Если Р–рассогласование задать слишком маленьким, процесс регулирования может стать неустойчивым.

При существующем уровне промышленных регуляторов, термостатические вентили имеют Р–рассогласование, равное 2 К. Величина Р–рассогласования должна учитываться при испытании и регулировке трубопроводных сетей отопления и ТХС.

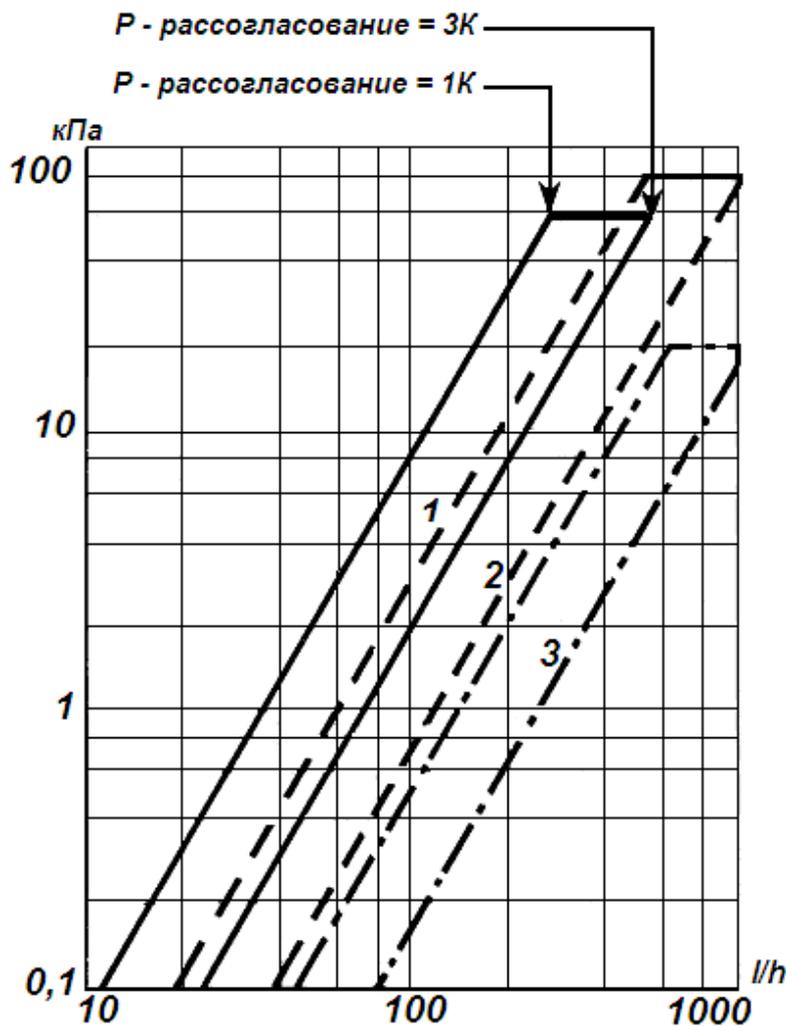
7.9.5 Термостатические вентили имеют ряд серий с различными техническими данными. На рисунке 7.5 представлены вентили трех разных

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

серий с одинаковым условным проходом  $D_v$ . При одинаковом расходе выделяются 3 серии:

- Серия 1 – для повышенного падения напора (вводимые в эксплуатацию системы и др.);
- Серия 2 – для среднего падения напора (модернизация эксплуатируемых систем и др.);
- Серия 3 – для малого падения напора (например, реконструкция прежних гравитационных систем и др.).

Часто оказывается целесообразным в пределах одной и той же системы изменять не только величину условного прохода, но и серии (1, 2, 3). Это относится к системам, в которых используются новые или существующие элементы, а также к системам отопления теплого пола.



$l$  – текущее значение хода клапана;  $h$  – общая длина хода клапана

Рисунок 7.5 – Характеристики термостатических вентилей трех серий с одинаковым условным проходом

7.9.6 Критерий термостатического вентиля. Критерий  $P_V$  термостатического вентиля рассчитывается так же, как для обычного исполнительного элемента дроссельной схемы:

$$P_V = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V100} + \Delta p_{var100}} = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V0}}, \quad (24)$$

где  $\Delta p_{V100}$  – разность давлений на открытом термостатическом вентиле при номинальном расходе;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

$\Delta p_{V0}$  – разность давлений на закрытом термостатическом вентиле;

$\Delta p_{var100}$  – разность давлений на участке с переменным расходом, на который распространяется действие термостатического вентиля.

Для регулирования необходимо обеспечить оптимальный авторитет клапана. Если авторитет клапана чрезмерно высок, возникает опасность, что соседствующие отопительные приборы будут влиять друг на друга (пример – гравитационные системы отопления с очень низким гидродинамическим сопротивлением). Более опасный случай – когда авторитет клапана занижен.

Системы, в которых наблюдаются большие температурные перепады между подающим и обратным трубопроводами (например, системы с аккумулятором, конденсационные котлы и т.д), обладают высоким гидродинамическим сопротивлением, что осложняет поддержание достаточно высокого авторитета клапана.

Поэтому для термостатических вентилях рекомендуется авторитет клапана  $P_V$ , который бы укладывался в диапазоне от 0,3 до 0,7.

7.9.7 На рисунке 7.6 в качестве примера показан расчет авторитета клапана для двух типичных систем, в которых используются термостатические вентиля. В верхней, местной, системе давление поддерживается на постоянном уровне с помощью регулятора дифференциального напора, работающего без привлечения вспомогательной энергии. В центральной системе, изображенной в нижней части рисунка, регулирование давления осуществляется с помощью регуляторов дифференциального напора, установленных в каждом стояке (обратить внимание, что при смешивании наблюдается повышение температуры в обратном трубопроводе). Сплошной жирной линией выделен участок с переменным расходом, испытывающий прямое

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

воздействие термостатического вентиля в отопительных приборах с наибольшим сопротивлением. Если предположить, что все другие термостатические вентиля тоже закрыты, то разность давлений на закрытом вентиле  $\Delta p_{v0}$  будет равна разности давлений  $\Delta p_0$ , регулируемой с помощью регулятора дифференциального напора:

$$\Delta p_{v0} = \Delta p_0 = \text{пост.}$$

и, следовательно, авторитет клапана  $P_V$ :

$$P_V = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{V100} + \Delta p_{\text{var}100}} = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_{v0}} = \frac{\Delta p_{V100}}{\Delta p_0} \quad (25)$$

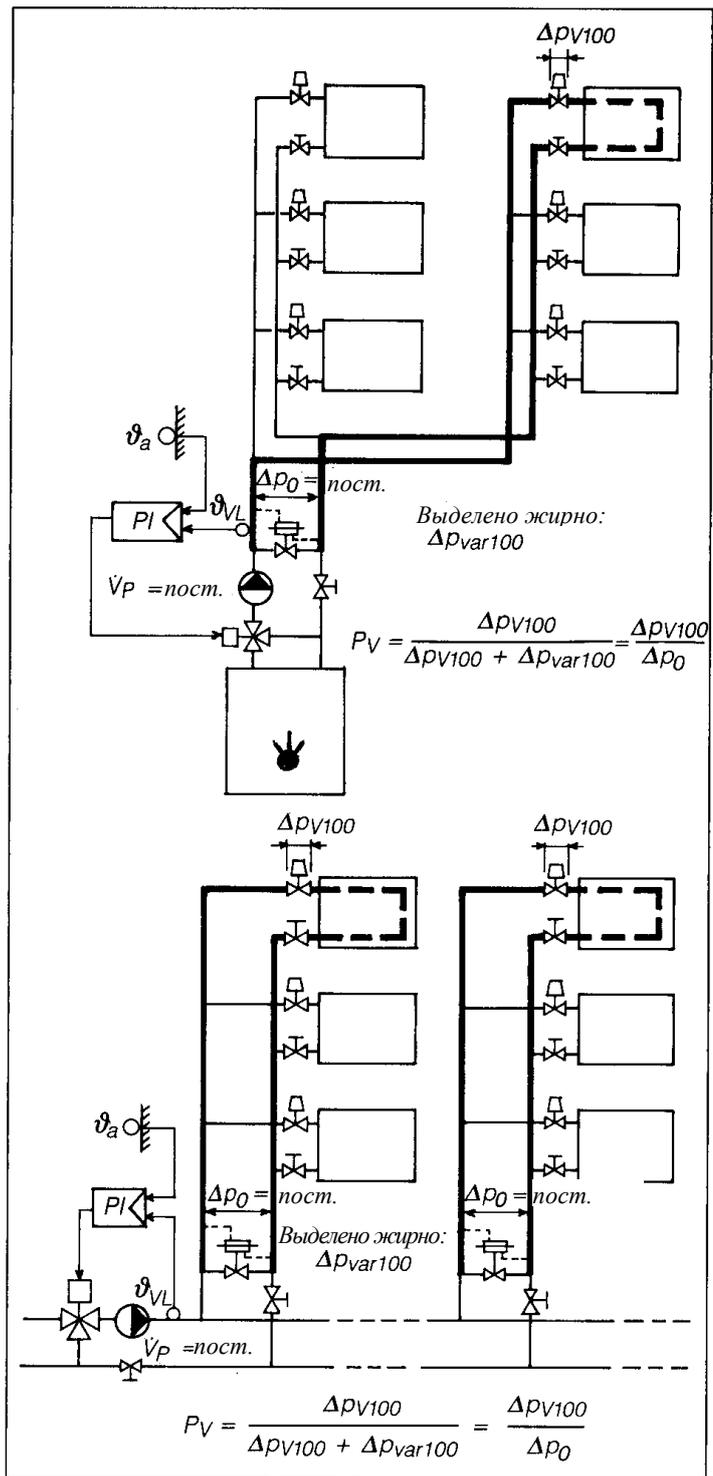


Рисунок 7.6 – Расчет авторитета клапана на примере 2-х систем.

7.9.8 Предварительная регулировка. Для того чтобы в пределах системы добиться идеального гидравлического уравновешивания для

каждого отопительного прибора (например, циркуляционное кольцо в системе подогрева пола), необходимо обеспечить соответствующие возможности настройки (четыре варианта):

а) регулируемое присоединение обратного трубопровода (при необходимости с измерительным щупом для контроля дифференциального напора с целью измерения расхода);

б) предварительная регулировка через дополнительное регулируемое гидравлическое сопротивление, встроенное в термостатический вентиль;

в) предварительная регулировка через дополнительное нерегулируемое гидравлическое сопротивление, встроенное в термостатический вентиль (диафрагма);

г) предварительная регулировка за счет регулируемого ограничения хода термостатического клапана.

В первых трех вариантах предварительной регулировки изменяется падение напора над участком с переменным расходом и авторитет клапана. В случае высокого авторитета клапана размерные параметры термостатического вентиля должны быть выбраны так, чтобы падение напора полностью приходилось на регулируемое поперечное сечение, т.е. чтобы при предварительной регулировке клапан мог оставаться максимально открытым.

На рисунке 7.7 показана деформация кривой открытия для случая предварительной регулировки через дополнительное регулируемое гидравлическое сопротивление, встроенное в термостатический вентиль (вариант б), при разных значениях авторитета клапана, являющегося частью регулируемого поперечного сечения.

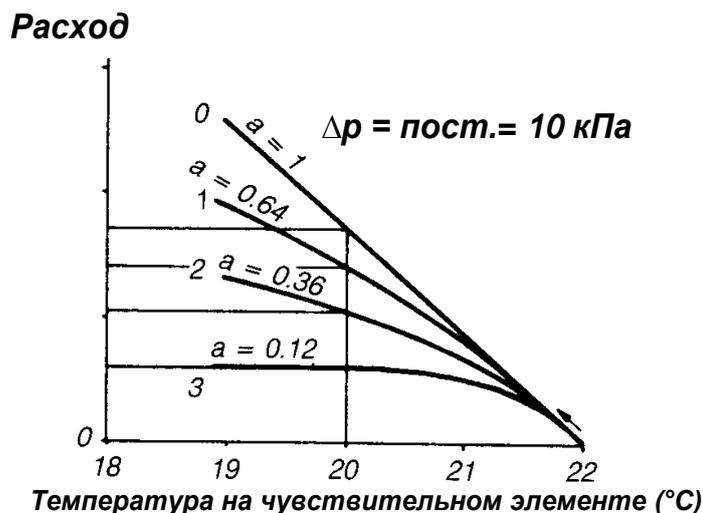


Рисунок 7.7 – Характеристики открытия термостатического вентиля с предварительной регулировкой через дополнительное регулируемое гидравлическое сопротивление при различных настройках (кривые 0, 1, 2, 3). Здесь  $a$  – доля авторитета клапана в составе регулируемого поперечного сечения.

На рисунке 7.8 показано изменение расхода при предварительной регулировке путем ограничения хода клапана (вариант г): авторитет клапана никаких влияний не испытывает. Здесь ограничивается максимальный расход (больше или меньше) в зависимости от настройки. Ограничение до величины номинального расхода (отметка 2) не имеет смысла, т.к. в регуляторе всегда должна быть заложена возможность корректировки в сторону увеличения.

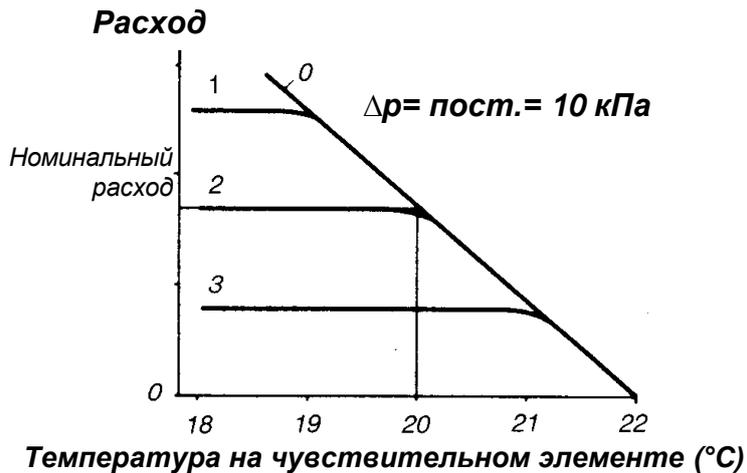


Рисунок 7.8 – Характеристики открытия термостатического вентиля с предварительной регулировкой путем ограничения хода при различных настройках (кривые 0, 1, 2, 3).

## 7.10 Узел регулирования перепада давления

7.10.1 Приведение в соответствие разности давлений в зависимости от режима нагрузки осуществляется путем регулирования перепада давления (четыре варианта):

- дроссельное регулирование и регулирование перепуском теплоносителя из подающего трубопровода в обратный;

*Примечание* – Недостатком двух вариантов является увеличенный расход энергии насоса, а также повышение температуры в обратном трубопроводе при подмешивании. Варианты не рекомендуются для систем с принудительным поддержанием низкой температуры в обратном трубопроводе, как, например, в системах с аккумулятором или конденсационных котлах;

- регулирование перепуском путем сброса давления в обратном трубопроводе. Недостатком является непроизводительное расходование энергии насоса, и кроме того, возможен перегрев насоса при слишком малом расходе в сети;

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- изменение числа оборотов циркуляционного насоса с помощью электрического задатчика мощности. Вариант является оптимальным способом регулирования перепада давления в системах отопления и ТХС.

7.10.2 Для исключения шума в системе узел регулирования настраивается на перепад давления не более 0.2кПа.

### **7.11 Способы регулирования автоматизированной водяной трубопроводной сети**

7.11.1 Регулирование трубопроводной сети (балансировка) является заключительным этапом наладочных работ. До выполнения работы необходимо ознакомиться с рабочей документацией, техническими инструкциями на клапаны и приборы, проверить правильность монтажа и выявить основные режимы работы системы. Для однетрубных систем отопления основным является постоянный расход теплоносителя, для двухтрубных систем отопления и систем ТХС основным является постоянный перепад давлений в магистральных и местных трубопроводах и т.д.

7.11.2 Перед балансировкой системы должны быть выполнены работы по испытанию трубопроводов на герметичность, проверка состояния фильтров, включена система в рабочий гидростатический режим.

7.11.3 Все клапаны устанавливаются в максимально открытое положение. Замену защитных колпачков на термостатические регуляторы осуществляют по окончании балансировки системы.

7.11.4 После подачи теплоносителя следует проанализировать ее работоспособность и определить признаки и закономерности несоответствия требуемым температурным условиям в помещениях. К

признакам относят перегрев или недогрев отдельных потребителей. К закономерностям – перегрев или недогрев устройств на этажах потребителей, расположенных по различным фасадам здания, стояков и т. д.

7.11.5 Перегрев отдельных помещений вызван, как правило, гидравлической разбалансировкой, причем в перегретых помещениях она значительно больше, чем в недогретых.

7.11.6 Для устранения недостатков, выявленных по признакам, рекомендуется:

- снижать расчетный перепад температур теплоносителя с увеличением этажности здания;
- рассматривать работоспособность системы при минимальном и максимальном перепадах температур теплоносителя;
- устанавливать регуляторы перепада давления в горизонтальных системах на поэтажных (поквартирных) ветках;
- устанавливать на каждом теплообменном приборе стабилизаторы расхода или регуляторы перепада давления в вертикальных трубопроводах.

7.11.7 Закономерности устраняют регулированием подачей расхода насоса или температурой теплоносителя. Общие рекомендации приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

| Температурные условия на этаже<br>по сравнению с расчетными |                   | Способ устранения                               |
|---|-------------------|---|
| нижнем  | верхнем           |   |
| 1. Пониженные   | Нормальные        | Увеличить производительность насоса             |
| 2. Повышенные   | Нормальные        | Уменьшить производительность насоса             |
| 3. Нормальные   | Повышенные        | Уменьшить температуру теплоносителя             |
| 4. Слишком низкие   | Чрезмерно высокие | Уменьшить значительно температуру теплоносителя |

## Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011

|                      |                   |   |
|----------------------|-------------------|---|
| 5. Нормальные        | Чрезмерно низкие  | Увеличить температуру теплоносителя до нормальной на верхнем этаже и уменьшить производительность насоса для достижения нормальных условий в нижнем этаже |
| 6. Чрезмерно высокие | Слишком низкие    | Увеличить температуру теплоносителя до нормальной на верхнем этаже и уменьшить  |
| 7. Чрезмерно высокие | Чрезмерно высокие | Уменьшить температуру теплоносителя   |

7.11.8 В горизонтальных системах поэтажную разбалансировку устраняют настройкой регулирующих клапанов на ответвлениях.

7.11.9 Балансировку системы следует производить по способу, который зависит от типа применяемых регуляторов.

7.11.10 В системах с терморегуляторами прямого действия применяются следующие методы балансировки систем:

- температурного перепада;
- предварительной настройки клапанов;
- пропорциональный;
- компенсационный;
- компьютерный.

### *Метод температурного перепада*

7.11.11 Метод основан на уравнении:

$$Q = c_w \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta t / 3600 = c_w \cdot G \cdot \Delta t / 3600 = 1,16 \cdot G \cdot \Delta t , \quad (26)$$

где  $Q$  – перенос тепла (холода), Вт;

1,16 – переводной коэффициент;

$c_w$  – теплоемкость воды, кДж/кг °С.;

$G$  – расход воды, кг/ч;

$\Delta t$  – перепад температур на участке.

7.11.12 В отрегулированной системе разность температур теплоносителя  $\Delta t$  на входе и выходе всех теплообменных приборов должна быть одинаковой. Недостаточный расход теплоносителя уменьшает теплоотдачу прибора, а избыточный расход не приводит к ее существенному увеличению, при этом разницу температур теплоносителя принимают по расчетному значению. Перепад температур теплоносителя  $\Delta t'$  при этом будет выше  $\Delta t$  (рисунок 7.9), т. к. расход теплоносителя уменьшится, поэтому перепад температур следует определять с учетом типоразмера теплообменного прибора.

7.11.13 Перепад температур находят геометрическим построением на рисунке 7.9.

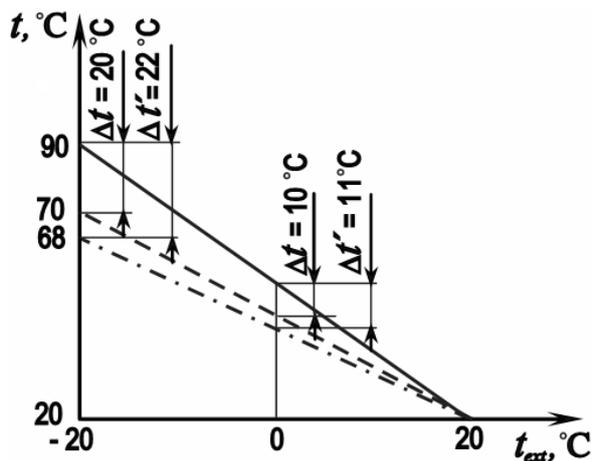


Рисунок 7.9 – Определение требуемого перепада теплоносителя в отопительном приборе.

Сплошная линия на рисунке 7.9 характеризует изменение температуры подаваемого в отопительный прибор теплоносителя. Пунктирная линия – расчетную температуру теплоносителя на выходе прибора. Штрих-пунктирная линия – требуемую температуру теплоносителя на выходе прибора с завышенной поверхностью теплообмена. На рисунке представлен диапазон изменения температуры наружного воздуха  $t_{ext}$  и теплоносителя в отопительном приборе  $t$ .

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

Диапазон на оси абсцисс начинается с расчетной для системы отопления (например, «минус» 20 °С) и заканчивается температурой, совпадающей с нормативной температурой воздуха в помещении (например, 20 °С). На оси ординат представлен диапазон изменения температуры теплоносителя на входе в отопительный прибор и выходе из него. Температуру теплоносителя на входе в отопительный прибор принимают, как правило, равной температуре на выходе из источника теплоты, например, 90 °С. Для более точного расчета следует учитывать остывание теплоносителя в трубопроводах. Температуру в обратном трубопроводе, например, 68 °С, определяют из среднего перепада температур между прибором (с учетом завышенного типоразмера) и воздухом.

7.11.14 При расчетной температуре наружного воздуха перепад температур теплоносителя примерно равен  $\Delta t' = 22$  °С. Когда совпадает температура воздуха снаружи и внутри помещения, т.е. равна 20 °С, перепад температур  $\Delta t' = 0$ . Промежуточные значения  $\Delta t'$  определяют по пропорции. Например, при  $t_{ext} = 0$  °С, соответствующей 50 % рассматриваемого диапазона изменения внешних температур,  $\Delta t' = 11$  °С и также составляет 50 % от максимального перепада температур теплоносителя.

7.11.15 Балансировку осуществляют до требуемого перепада температур теплоносителя настройкой дросселя терморегулятора либо регулирующего клапана в трубопроводах узла теплообменного прибора. Термостатический клапан в это время должен быть полностью открыт. Следовательно, влияние завышенного теплового потока теплообменного прибора устраняется увеличением сопротивления дросселя терморегулятора или регулирующего клапана. Процедура достижения равенства температур на всех теплообменных приборах может повторяться

несколько раз до достижения сбалансированности системы, т. к. настройка каждого прибора отражается на характеристиках всех остальных, даже отрегулированных приборах.

7.11.16 Данный метод балансировки неэффективен в системах с перепадами температур в диапазоне от 3 до 7°C (системы охлаждения с кондиционерами-доводчиками, потолочными панелями, системами отопления в полу и т.д.). Метод температурного перепада применяют для балансировки небольших систем отопления и при отрицательных температурах, причем, чем ниже температура наружного воздуха, тем точнее результат.

Несмотря на все недостатки, данный метод является единственно возможным для балансировки теплообменных приборов в пределах стояка или ответвлений, если в узлах обвязки этих приборов отсутствуют регулирующие клапаны со штуцерами для отбора импульсов давления теплоносителя.

7.11.17 Задача балансировки значительно упрощается при наличии регулирующих клапанов. Тогда применяют пропорциональный или компенсационный метод балансировки.

7.11.18 В системах с автоматическим регулятором перепада давления на стояке либо приборной ветке настройку теплообменных приборов осуществляют упрощенным методом предварительной настройки клапанов. В этом случае предполагают, что автоматически поддерживаемое давление снижается в терморегуляторе, т.е. пренебрегают потерями давления в трубопроводах и теплообменном приборе. Положение настройки проверяется по пропускной способности терморегулятора, при этом перепад давления принимают равным перепаду, автоматически поддерживаемому регулятором.

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

### ***Метод предварительной настройки клапанов***

7.11.19 Метод основан на балансировке по гидравлическому расчету. Согласование циркуляционных колец осуществляют настройкой каждого регулирующего клапана и терморегулятора. Настройку определяют по пропускной способности  $k_v$ .

7.11.20 Положение настройки регулирующего клапана в процессе балансировки системы определяется типом рабочей расходной характеристики. При корректировке настройки регулирующих клапанов уточняют располагаемое давление регулируемого участка. Для этого измеряют фактический перепад давления на закрытых регулирующих клапанах.

7.11.21 В методе предварительной настройки необходимо учитывать влияние внешнего общего клапана (при  $a < 0,5$ ) на расходную характеристику клапанов потребителя и возможность ими осуществлять регулирование.

### ***Пропорциональный метод***

7.11.22 Метод основан на закономерностях отклонения потоков в параллельных участках системы, возникающих при регулировании одного из них. Предполагается, что в разветвленных системах регулирование одного из клапанов внутри модуля не влечет пропорционального изменения параметров в остальных клапанах модуля. В то же время пропорциональная зависимость между ними возникает при возмущениях, создаваемых общим регулирующим клапаном модуля.

7.11.23 Модулем системы может быть совокупность стояков или приборных веток, регулируемых общим клапаном, причем на каждом стояке либо ветке также должен быть регулирующий клапан. С помощью

пропорционального метода балансировки обеспечивается равенство соотношений фактического расхода  $V$  теплоносителя к номинальному  $V_N$  стояков либо ответвления внутри модуля, затем установить в них номинальный расход жидкости регулировкой общего клапана.

7.11.24 Для осуществления метода необходимо разделить систему на иерархические модули с общими регулирующими клапанами. Совокупность модулей низших уровней составляет модуль высшего уровня. Балансировку начинают внутри модулей низшего уровня. Затем, постепенно поднимаясь по иерархии модулей, увязывают их между собой, приближаясь к главному регулирующему клапану всей системы.

7.11.25 Рассматриваемый способ имеет множество вариантов балансировки систем отопления и ТХС, из которых выбирают наиболее экономичный. Оптимальный вариант определяют по следующим критериям:

- достижение наиболее низкого располагаемого давления в системе;
- достижение наиболее высоких внешних авторитетов клапанов.

В обоих случаях наилучшим вариантом являются минимальные потери давления в основном циркуляционном кольце системы. Для этого потери давления в регулирующем клапане также должны быть минимальными. Их принимают, исходя из точности приборов измерения перепада давления, как правило, не ниже 3 кПа.

7.11.26 Основные составляющие данного метода представлены в таблице 4 на примере одного модуля, состоящего из трех стояков с регулирующими клапанами. Стрелками изображено действие, которое следует произвести на клапанах: против часовой стрелки – частично открыть клапан; по часовой – частично прикрыть.

Т а б л и ц а 4

|  |                      |
|--|----------------------|
|  | Регулирующие клапаны |
|--|----------------------|

**РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

| Действие      |                    | Общий | 1   | 2   | 3   |
|---------------|--------------------|-------|-----|-----|-----|
|               |                    |       |     |     |     |
| 1 этап        |                    |       |     |     |     |
| Регулирование |                    |       | ↻   | ↻   | ↻   |
| Определение   | $V, \text{ м}^3$   | 650   | 200 | 350 | 100 |
|               | $V_N, \text{ м}^3$ | 400   | 120 | 200 | 80  |
|               | $V/V_N$            | -     | 1,7 | 1,8 | 1,3 |
| 2 этап        |                    |       |     |     |     |
| Регулирование |                    |       | ↻   | ↻   |     |
| Определение   | $V, \text{ м}^3$   | 560   | 170 | 180 | 110 |
|               | $V/V_N$            | -     | 1,4 | 1,4 | 1,4 |
| 3 этап        |                    |       |     |     |     |
| Регулирование |                    | ↻     |     |     |     |
| Определение   | $V, \text{ м}^3$   | 400   | 120 | 200 | 80  |
|               | $V/V_N$            | 1,0   | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

7.11.27 На первом этапе балансировки системы для уменьшения потерь давления на циркуляцию теплоносителя полностью открывают регулирующий клапан основного циркуляционного кольца модуля (как правило, наиболее удаленный клапан). При этом допускается частично прикрыть остальные клапаны модуля. Если нет однозначной уверенности в

установлении основного циркуляционного кольца, то полностью открывают все клапаны модуля. Затем прибором определяют расход  $V$  на каждом клапане. Сопоставляют полученные значения с номинальными расходами  $V_N$  по отношению  $V/V_N$ . У клапана 3 основного циркуляционного кольца модуля это соотношение будет наименьшим.

7.11.28 Задача второго этапа состоит в обеспечении на клапанах 2 и 1 путем их частичного прикрывания примерно такого же отношения  $V/V_N$ , как у клапана 3. Равенства этих отношений достигают методом последовательных приближений. При этом следует учитывать, что приемлемая невязка по перепаду давления составляет от 10 до 15 %, а по расходу – от 3 до 4 %.

7.11.29 Третий этап является окончательным в балансировке модуля системы. Регулировкой общего клапана модуля выставляют на нем по прибору номинальный поток, т. е.  $V/V_N = 1$ . По закону пропорциональности на всех клапанах модуля установится также  $V/V_N = 1$ . На этом регулировка модуля закончена.

7.11.30 Аналогично поступают с остальными модулями системы. Затем из этих модулей составляют общий модуль и также регулируют его. Формируя и регулируя модули высших уровней, доходят до общего (главного) регулирующего клапана всей системы, установленного у насоса (на обратной магистрали). По степени его необходимого перекрытия определяют целесообразность замены клапана либо насоса на другой типоразмер.

7.11.31 Сбалансировав систему, устраняют несоответствие реальных и номинальных расходов теплоносителя в ее циркуляционных кольцах. Балансировка системы упрощается при наличии в системе клапанов со встроенной расходомерной шайбой. Измерение расхода в них осуществляют не по потерям давления в регулирующем отверстии,

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

имеющем разную пропускную способность при каждой настройке, а по потерям давления на расходомерной шайбе с постоянной пропускной способностью. Для клапана без расходомерной шайбы необходимо каждое изменение его настройки указывать в приборе. Для клапана с расходомерной шайбой указывают пропускную способность шайбы лишь один раз для всех измерений.

7.11.32 Установка при необходимости большого количества регулирующих клапанов (на каждом иерархическом уровне) приводит к уменьшению внешних авторитетов клапанов терморегуляторов и затрудняет создание системы с идеальным регулированием.

Недостатки устраняются при использовании автоматических регуляторов перепада давления вместо клапанов 1, 2 и 3, при этом отпадает необходимость в общих клапанах и процедуры балансировки циркуляционных колец. Балансировка системы производится автоматически.

7.11.33 Пропорциональный метод балансировки применяют для разветвленных систем со сложной конфигурацией модулей, для систем с дальнейшим расширением, а также для систем с поэтапным вводом в эксплуатацию. Осуществляют этот метод один либо два наладчика. Основным недостатком является необходимость многократных измерений для последовательного приближения к необходимому результату.

Пропорциональный метод требует наличия измерительного прибора и затрат времени для проведения наладки каждого клапана в несколько этапов.

### ***Компенсационный метод***

7.11.34 Компенсационный метод балансировки систем обеспечения микроклимата является обобщением и развитием пропорционального метода (рисунок 7.10). Основное его преимущество состоит в возможности настройки значительно разветвленной системы за один этап, при этом отсутствует необходимость многократных измерений (существенно сокращается время проведения наладочных работ). Экономия времени достигается балансировкой отдельных ответвлений системы при незаконченном монтаже остальной части системы, когда контур насоса является уже действующим. Недостатком данного метода является необходимость привлечения трех человек с радиотелефонами и применения дополнительных приборов измерения.

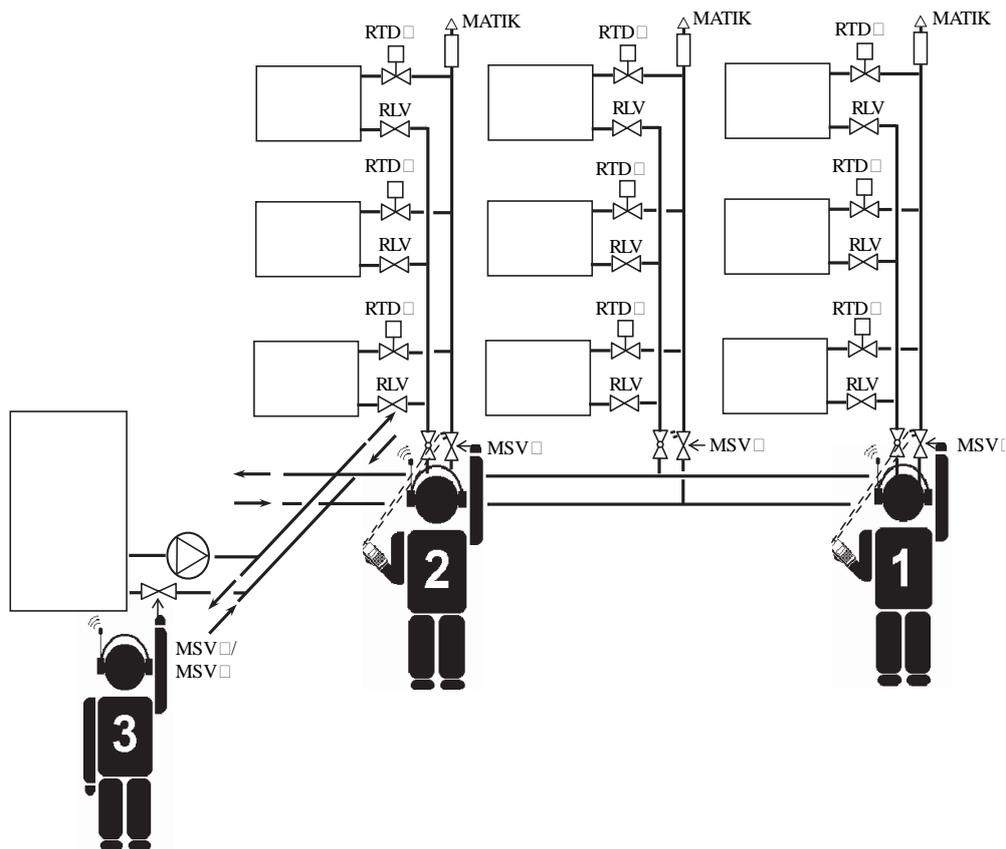


Рисунок 7.10 – Балансировка системы компенсационным методом

7.11.35 Метод состоит в том, что регулирующий клапан основного циркуляционного кольца устанавливают на перепад давления равный

### **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

3 кПа. Данный клапан называют эталонным и, как правило, он является последним. Все клапаны, подлежащие регулированию, при этом должны быть открыты. Наладчик 3, регулируя клапан-партнер по указаниям наладчика 1, поддерживает настройку эталонного клапана на заданном уровне (перепад давления либо расход теплоносителя). Клапаном-партнером может быть общий клапан модуля (ответвления) либо общий (главный) клапан всей системы.

На протяжении процесса балансировки системы первый наладчик должен контролировать показания измерительного прибора, чтобы на эталонном клапане поддерживался установленный перепад давления. Первый наладчик передает информацию третьему наладчику о появлении отклонений, возникающих в процессе манипуляций второго наладчика, и третий наладчик компенсирует эти отклонения регулировкой клапана-партнера до достижения на эталонном клапане перепада давления равного 3 кПа.

Второй наладчик регулирует клапаны последовательно, приближаясь к клапану-партнеру. Он переходит от одного регулирующего клапана к другому после того, как на регулируемом клапане будет достигнут номинальный расход теплоносителя, а на эталонном клапане при помощи клапана-партнера установлен перепад давления в 3 кПа. Такой подход используют для всех остальных ответвлений.

7.11.36 Компенсационный метод предназначен для систем с ручными регулирующими клапанами. При использовании автоматических регуляторов перепада давления на стояках или трубопроводных ответвлениях регулировка осуществляется автоматически после настройки регуляторов.

Компенсационный метод является усовершенствованием пропорционального метода, проводится в один этап и требует соответствующее количество измерительных приборов и наладчиков.

### ***Компьютерный метод***

7.11.37 Компьютерный метод основан на использовании микропроцессоров для диагностики клапанов и определения их настройки при балансировке систем.

7.11.38 Основной модуль прибора для наладки – дифференциальный манометр с цифровой индикацией давления и со встроенным датчиком давления. В цифровом манометре обеспечиваются компенсация температурной зависимости и нелинейные функции измерения.

По разности давления в регулирующем клапане или измерительном узле определяют расход теплоносителя и настройку клапана для балансировки системы.

7.11.39 Для отбора импульсов давлений в приборе имеется два штуцера с быстроразъемным креплением для гибких шлангов. Аналогично присоединяют ответные концы шлангов к штуцерам регулирующих клапанов.

7.11.40 Внешний датчик термометра предназначен для измерения температуры среды. Внешний датчик термометра соединяют с прибором через разъем интерфейса RS232. Размеры датчика совместимы с размерами измерительных штуцеров регулирующего клапана. Температуру определяют на выходе клапана внутри штуцера расходомера. Обязательным элементом для балансировки гидравлических систем является встроенный модуль, который определяет расход по перепаду давления в регулирующем клапане либо в измерительном узле. Учет

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

влияния концентрации морозоустойчивых добавок к воде реализуется встроенной функцией корректировки.

7.11.41 Модуль вычисления предварительной настройки клапана является частью модуля расходомера. Вычисление настройки осуществляется по характеристикам клапана, хранящимся в памяти прибора.

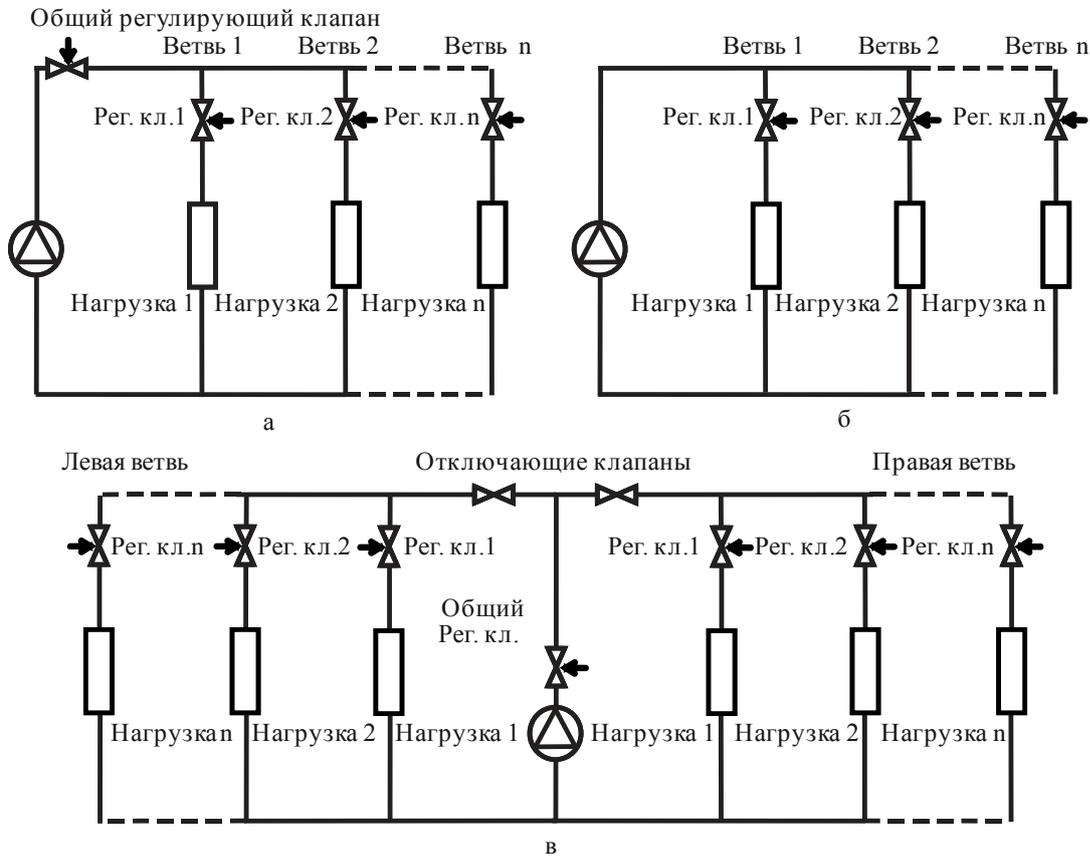
7.11.42 Модуль регистрации совмещен с режимом реального времени и сохраняет данные о давлении, перепаде давления, расходе, температуре, типе установленного клапана, его предварительной настройке и данные идентификации измерений, которые помогают обрабатывать и оценивать результаты на персональном компьютере. При определении данных измерений с длительным периодом измерений прибор автоматически переходит в режим длительной регистрации.

7.11.43 Прибор может осуществлять запись данных в различных точках системы и учитывать ее текущее состояние, а также выбрать способ периодической или частичной регистрации, что позволяет принять оптимальное решение.

7.11.44 Для передачи исходных данных в персональный компьютер используют программное обеспечение, которое позволяет представить данные в виде диаграмм или таблиц. Данные совместимы со стандартными форматами персонального компьютера, обрабатываются текстовыми и графическими редакторами, а также программами баз данных. При помощи персонального компьютера создают проект балансировки системы.

7.11.45 Прибор служит для балансировки системы любой степени разветвленности. Он сохраняет в памяти данные двух систем либо ее ветвей с информацией обо всех (до 32 шт.) регулирующих клапанах.

Многовариантность разветвлений систем сводят к трем основным схемам (рисунок 7.11), особенности которых учитывают в процессе обработки данных.



а – с общим регулирующим клапаном; б – без общего регулирующего клапана; в – с разветвлением после насоса.

Рисунок 7.11 – Схемы балансировки систем.

7.11.46 Для схем на рисунках 7.11,а, 7.11,б следует соответственно отметить маркировку в опции «общий клапан». Дополнительно для схемы на рисунке 7.11,б указывают заданное значение располагаемого перепада давления в системе. Особенностью схемы (рисунок 7.11,в) является необходимость разделения ее на составные части. Вначале измеряют, рассчитывают и балансируют левую сторону схемы при закрытой правой стороне, затем наоборот. При необходимости осуществляют корректировку схемы с учетом ее реальной конфигурации по натурным наблюдениям.

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

7.11.47 Алгоритм вычислений составлен для случая, когда на входе регулируемой системы либо ее ветви поддерживается постоянное давление теплоносителя. Кроме того, внутри ветвей отсутствуют клапаны с обратной связью (автоматические регуляторы перепада давления на стояках или приборных ветках, терморегуляторы), поэтому терморегуляторы при балансировке системы должны быть со свободно прикрученными колпачками. По измерениям определяют:

- располагаемое давление в системе (либо ее части);
- расходы теплоносителя во всех регулирующих клапанах;
- перепад давления на каждом клапане в закрытом положении;
- температуру воды.

7.11.48 Перед началом вычислений прибором проверяют баланс между заданным количеством клапанов в схеме и количеством продиагностированных клапанов. В результате вычислений на дисплее по порядковому номеру указывается необходимое положение настройки всех клапанов, включая общий клапан.

7.11.49 Компьютерный метод позволяет сократить время на наладку системы, при этом наладку и оптимизацию работы системы может осуществлять один наладчик с многофункциональным прибором.

7.11.50 Окончательные данные по расходам и настройкам балансировочных клапанов следует указать в таблице результатов наладки.

7.11.51 После окончания регулировки системы все балансировочные клапаны должны быть застопорены.

7.11.52 Сеть трубопроводов системы считается гидравлически отрегулированной, если величина невязки между проектными и фактическими расходами теплоносителя не превышает 10 %.

## 8 Наладка систем отопления

8.1 Цель наладки систем отопления заключается в обеспечении требуемых температур воздуха в отапливаемых помещениях.

8.2 До начала работ проводят визуальный осмотра строительных ограждений здания и систем отопления, выявляют дефекты оборудования, трубопроводов, арматуры, и т.д., рассматривают проектную и техническую документацию.

8.3 В зависимости от наличия расчетной документации и технического состояния системы выполняют весь комплекс работ или отдельные виды, в том числе:

- обследование технического состояния системы;
- уточняют гидравлические и тепловые режимы;
- определяют требуемые расходы теплоты и воды при расчетных условиях по отдельным элементам системы (отопительным приборам, стоякам, ветвям и т.д.) и по системе;
- составляют или уточняют расчетную принципиальную схему системы;
- гидравлический расчет трубопроводов;
- производят подбор регулирующих устройств системы, по ветвям, ответвлениям, стоякам или отопительным приборам для обеспечения условий расчетного гидравлического режима системы;
- определяют возможность и способы обеспечения на тепловом узле системы необходимых параметров теплоносителя по давлениям и температурам;
- разработка мероприятий выполнения рекомендаций;
- регулирование системы отопления.

8.4 При обследовании:

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- определяют типы и количество установленных отопительных приборов;

- определяют наивысшую отметку отопительной системы;

- определяют состояние наружных и, при возможности, внутренних поверхностей отопительных приборов (в первую очередь приборов, в которых наблюдается недостаточный прогрев концевых секций), изоляции разводящих трубопроводов, строительных ограждений зданий (окон, фрамуг, ворот, и т.д.);

- наличие необходимых воздухоотборников и мест неорганизованного водозабора из систем отопления;

- знакомятся со схемами обвязки регистров по теплоносителю и с основным оборудованием теплового ввода (элеваторами, водоподогревателями, насосами, грязевиками и пр.), его состоянием и характеристиками, точками расположения арматуры, КИП и регулирующих приборов.

8.5 На основе материалов обследования составляют перечень предложений по упорядочению работы системы, рекомендуемых к выполнению независимо от последующих расчетов. В перечень включают указания по:

- устранению выявленных при обследовании дефектов проекта и монтажа;

- очистке и промывке подогревателей, трубопроводов и нагревательных приборов системы отопления;

- устранению перемычек между подающим и обратным трубопроводами;

- оптимизации принципиальной схемы отопления;

- изменению обвязки отопительных приборов с параллельного на последовательное по воде;
- установке недостающих КИП и запорно-регулирующей арматуры;
- установке недостающих воздухоотделителей;
- ремонту установленного оборудования и арматуры;
- утеплению жилых и промышленных зданий (остекление фонарей и окон, приведение в исправное состояние наружных дверей и пр.).

8.6 Гидравлические и тепловые режимы работы системы отопления должны быть установлены на основе данных эксплуатации в том числе:

- особенности работы системы отопления, в том числе степень и характер гидравлической и тепловой разрегулировки, непрогревы и т.д.;
- давление воды в подающем и обратном трубопроводах;
- соответствие расчетному графику фактических температур горячей и обратной воды системы отопления;
- режим работы основного оборудования (насосов, узлов регулирования, элеваторного узла, водоподогревателей и пр.).

8.7 Расходы теплоты для расчетных условий по отопительным системам жилых, общественных и административных зданий при наличии проектной документации и соответствии проекта фактически выполненных монтажных работ принимают по проектным данным.

8.7.1 Расходы теплоты  $Q_{ор}$ , кВт (Гкал/ч), для расчетных условий по отопительным системам жилых, общественных и административных зданий при отсутствии проектной документации или несоответствии проектов фактически выполненным монтажным работам, определяют по укрупненным измерителям, исходя из удельной тепловой характеристики и объема здания по формуле

**Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

$$Q_{op} = A \cdot q_o \cdot K_t \cdot V \cdot (t_{вн.р} - t_{н.р}) \cdot 10^{-3} \quad (27)$$

где  $Q_{op}$  – удельная отопительная характеристика здания при разности температур  $\Delta t_o = t_{вн.р} - t_{н.р} = 18 - (-30) = 48^\circ\text{C}$ , Вт/(м<sup>3</sup>/с·°C) (ккал/м<sup>3</sup> · ч · °C);

$A$  – коэффициент, зависящий от размерности  $Q_{op}$ ;

$q_o$  – плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup> (ккал/(ч · м<sup>2</sup>))

$K_t$  – температурный коэффициент, учитывающий отклонение фактической разности температур от  $\Delta t_o$  (коэффициент  $K_t$  при расчетных температурах наружного воздуха для проектирования отопления, отличных от «минус» 30°C, можно принимать по таблице 5 (для жилых и общественных зданий))

$$K_t = 0,54 + 22 / (t_{вн.р} - t_{н.р}) \quad (28);$$

$V$  – объем отапливаемой части здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$t_{вн.р}$  – расчетная температура внутри отапливаемого здания, °C;

$t_{н.р}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °C.

Таблица 5

|  |      |      |      |      |     |      |     |      |      |
|--|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|
| Температура<br>наружного воздуха<br>(расчетная для<br>отопления), °C | -10  | -15  | -20  | -25  | -30 | -35  | -40 | -45  | -50  |
| $K_t$  | 1,45 | 1,29 | 1,17 | 1,08 | 1   | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,82 |

8.7.2 Расход теплоты по отопительным системам производственных зданий, оборудованным конвективно-излучающими приборами, определяют по поверхности нагрева фактически установленных отопительных приборов по каждому помещению. Определение расчетных расходов теплоты по площади поверхности нагрева, установленных отопительных приборов, производят в следующем порядке:

8.7.2.1 Определяют площадь поверхности нагрева каждого отопительного прибора.

8.7.2.2 Определяют расчетный расход теплоты  $Q_p$ , кВт (ккал/ч), по формуле

$$Q_p = A \cdot F_{\text{пр}} \cdot q \cdot 10^{-3} \quad (29)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от системы единиц измерения  $Q_p$ ,  $A=1$  при  $Q_p$ , кВт,  $A = 10^3$  при  $Q_p$ , ккал/ч;

$q$  – плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup> (ккал/(ч · м<sup>2</sup>))

8.7.2.3 Расчетные расходы воды  $W_p$ , кг/с (т/ч), для отопительного прибора определяют по формуле

$$W_p = \frac{A \cdot Q_p}{(T_{1p} - T_{2p})c_w} \quad (30)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от системы единиц измерения,  $A = 1$  при  $Q_p$ , кВт,  $A = 10^3$  при  $Q_p$ , ккал/ч;

$T_{1p} - T_{2p}$  – расчетные температуры горячей и обратной воды системы отопления, °С;

$c_w$  – теплоемкость воды,  $c_w = 4,187$  кДж/кг °С (1,0 ккал/кг °С).

8.8 Составляют или уточняют расчетную принципиальную схему системы отопления. При составлении исполнительной схемы необходимо:

- указать схему системы отопления (однотрубная, двухтрубная и т.д.), расположение стояков (вертикальные, горизонтальные);
- схему движения теплоносителя в разводящих магистралях (тупиковая, попутная) и т.д.;
- определить схемы присоединения отопительных приборов к стоякам системы, а также схему движения воды в отопительных приборах и способ их установки;
- установить тип отопительных приборов и определить (при отсутствии паспортных данных): для чугунных радиаторов – число секций;

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

для стальных штампованных радиаторов – число панелей; для конвекторов с кожухами типа – число проходных и концевых конвекторов, а также число и диаметр труб в конвекторе и длину ребренной части;

- для конвекторов без кожуха и ребристых труб – число конвекторов или длину ребристых труб в одном горизонтальном ряду и число рядов по вертикали;

- для гладкотрубных радиаторов – диаметр труб, длину трубы в одном горизонтальном ряду и число рядов по вертикали.

8.8.1 Диаметры отверстий дроссельных диафрагм, балансировочные вентиля и места их установки так же указываются на расчетной схеме системы отопления.

8.9 Гидравлический расчет производят после составления уточненной расчетной схемы системы отопления с нанесением на нее расчетных участков. За основу принимают расходы воды отопительных приборов (или стояков) для расчетных условий.

Примечание - Если расход теплоты по системе отопления, определенный по фактически установленным поверхностям нагревательных приборов, превышает проектный расход теплоты на 15 – 20 % и выше, рекомендуется в расчет принимать проектную теплопроизводительность системы отопления, а расходы теплоты и воды по стоякам при этом распределять пропорционально площади установленной поверхности нагрева на каждом стояке.

8.9.1 Эквивалентную шероховатость трубопроводов действующих систем отопления, присоединенных к тепловой сети по непосредственной схеме (и по независимой схеме при подпитке из тепловой сети), принимают равной фактической эквивалентной шероховатости тепловой сети с тем же сроком эксплуатации. При гидравлическом расчете вновь

смонтированных систем отопления эквивалентную шероховатость следует принимать равной 0,2 мм.

8.9.2 Скорости движения воды принимать в пределах допустимых величин, приложение Е.

8.9.3 Местные потери от линейных потерь давлений на участках с целью упрощения расчета принимают равными:

- 30 % – при шероховатости 0,2-0,5 мм;
- 20 % – при шероховатости 1-2 мм;
- 15 % – при шероховатости 3-4 мм.

8.9.4 Суммарные потери давления на участке (линейные + местные)  $P_c$ , Па (мм вод.ст.), определяют по формуле

$$P_c = 9,81 \cdot A \cdot \Delta h \cdot \beta \cdot \ell \cdot (1,3 + 1,15) \quad (31)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от системы единиц измерения

$A = 1$  при  $Q_p$ , кВт,  $A = 0.102$  при  $Q_p$ , ккал/ч;

$\beta$  – поправочный коэффициент, принимаемый по справочному приложению;

$\ell$  – длина участка, м;

(1,3 + 1,15) – множитель для учета местных потерь давления.

8.9.5 В тупиковой системе отопления, где подающий и обратный трубопроводы идентичны по диаметрам, длинам и расходам воды, гидравлический расчет проводят для одного трубопровода, а гидравлические потери удваивают. Для системы отопления с попутным движением теплоносителя гидравлический расчет проводят отдельно по подающему и обратному трубопроводам. Расчет может выполняться по компьютерным программам («Поток» и т.д.) или в простой форме. Форма составления гидравлического расчета трубопроводов системы отопления приведена в таблице приложения Ж.

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

8.10 Гидравлический режим системы отопления обеспечивается напором, создаваемый элеватором или насосом с клапаном автоматического регулирования, устанавливаемым на тепловом вводе системы отопления.

8.10.1 Диаметры отверстий сопел элеваторов  $d_c$ , мм, рассчитывают на условия снижения общего располагаемого давления (давление, создаваемое элеватором для циркуляции воды в системе) на вводе по формуле:

$$d_c = A \sqrt{\frac{W_p^2}{P_p}}, \quad (32)$$

где  $A = 32,2$  при  $Q_p$ , кВт,  $A = 9,6$  при  $Q_p$ , ккал/ч;

$W_p$  – расчетный расход воды,

$P_p$  – расчетное располагаемое давление.

8.10.2 Диаметр отверстия дроссельной диафрагмы  $d$ , мм, при отношении  $d / D_{тр} < 0,2$  рассчитывают по формуле

$$d = A \sqrt{\frac{W^2}{P_{изб}}}, \quad (33)$$

где  $A = 33,5$  при  $W$   $Q_p$ , кВт,  $A = 10,0$  при  $Q_p$ , ккал/ч;

$W$  – расход воды,

$P_{изб}$  – избыточное располагаемое давление, снижаемое в диафрагме и равное разности между располагаемым давлением перед стояком (прибором) и гидравлическим сопротивлением стояка (прибора), кПа (м вод.ст.).

Результаты расчетов заносятся в таблицу приложения И.

8.10.3 Располагаемое давление после диафрагмы, установленной на вводе, принимают, исходя из обеспечения максимальной гидравлической устойчивости системы теплоснабжения, при этом отношение потери

давления в приборах в сумме с сопротивлением диафрагмы у стояка или отопительного прибора к располагаемому давлению после диафрагмы на вводе должно быть  $\sim 1$ . Для системы отопления, оборудованной конвективно-излучающими приборами (радиаторами, регистрами, конвекторами), значение располагаемого давления после диафрагмы, должно в 2-3 раза превышать максимальные потери давления в разводящих магистралях (подающей и обратной) системы. Допускается при наличии больших потерь в разводящих магистралях от этого правила отступить и принять избыточное располагаемое давление у концевого стояка минимальным, равным 1-2 кПа (0,1-0,2 м вод.ст.), чтобы у первых по ходу воды стояков не устанавливали дроссельные диафрагмы диаметром менее 2,5 мм во избежание их возможного засорения.

8.10.4 Системы отопления жилых зданий, запроектированные на работу по температурному графику 95-70 °С, и при этом увязанные по гидравлическим сопротивлениям, как правило, достаточно гидравлически устойчивы и не требуют регулировки дроссельными диафрагмами.

Системы отопления промышленных зданий на перегретой воде по графикам 130-70 °С и 150-70, как правило, требуют установки дроссельных диафрагм или балансировочных вентилей по стоякам или отопительным приборам.

8.11 По результатам обследования составляется краткий отчет, включающий пояснение, расчеты, схемы и перечень мероприятий, которые необходимо выполнить до регулирования систем отопления.

8.12 Регулирование системы отопления производят в отопительный период после выполнения разработанных мероприятий и устранения всех недоделок, а также после проведения выборочной ревизии регулирующих устройств и включает:

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- обеспечения тепловой сетью расчетных параметров по температуре и давлению.

- обеспечение расчетного расхода теплоносителя на систему в целом и по отдельным ее элементам; при несоответствии ее фактических расходов расчетным производят корректировку отверстий сужающих устройств;

- обеспечение расчетных внутренних температур воздуха в помещениях.

8.12.1 Регулирование систем отопления и отдельных теплопотребляющих приборов жилых и административно-общественных зданий базируется на проверке соответствия фактических расходов воды расчетным (определение относительных расходов воды) значениям.

Степень соответствия фактического расхода воды расчетному определяют температурным перепадом воды в системе и в отдельном теплопотребляющем приборе. Измерения температур в тепловом узле необходимо производить только при установившемся режиме работы тепловой сети.

8.12.2 Относительный расход воды для безэлеваторного узла (или узла с элеваторным и насосным узлами смешения) определяют, соответственно, по формулам

$$y = \frac{(T_1 - T_2) \cdot (T_1^1 + T_2^1 - 2 \cdot t_n)}{(T_1^1 - T_2^1) \cdot (T_1 + T_2 - 2 \cdot t_n)}, \quad (34)$$

$$y = \frac{(T_1 - T_2) \cdot (T_3^1 + T_2^1 - 2 \cdot t_n)}{(T_1^1 - T_2^1) \cdot (T_3 + T_2 - 2 \cdot t_n)}, \quad (35)$$

где  $T_1, T_2, T_3$  – температуры соответственно горячей, обратной и смешанной воды по расчетному графику при фактической температуре наружного воздуха, °С;

$T_1^1, T_2^1, T_3^1$  – измеренные на узле температуры соответственно горячей, обратной и смешанной воды, °С. Измерения производить при устойчивом режиме;

$t_n$  – фактическая температура наружного воздуха, при которой производили измерения, °С.

8.12.3 Смену сопел элеваторов и дроссельных диафрагм производят в тех случаях, когда значение коэффициента относительного расхода воды  $u$  составляет менее 0,9 или более 1,15, и при этом температура воздуха в помещениях отличается от нормы.

Для выявления причины неудовлетворительной работы системы отопления от элеваторного узла сначала определяют его фактический коэффициент смешения:

$$u_{\phi} = \frac{T_1^1 - T_3^1}{T_3^1 - T_2^1}, \quad (36)$$

Когда фактический коэффициент смешения ниже расчетного, необходимо тщательно произвести ревизию элеватора: проверить качество обработки камеры смешения, соосность корпуса элеватора с соплом, проверить внутреннюю конусность сопла элеватора, уточнить расстояние от конца сопла до входа в камеру смешения, оптимальное расстояние составляет  $1,5 d_c$ , или  $3,8 d_c$ .

После ревизии элеватора и обеспечения коэффициента смешения, близкого к расчетному, вторично определяют коэффициент  $u$  и проверяют прогрев помещений и при необходимости корректируют сопло элеватора.

8.12.4 Скорректированный диаметр сопла элеватора  $d_n$ , мм, вычисляют по формуле

$$d_n = \frac{d_{ct}}{\sqrt{y}}, \quad (37)$$

где  $d_{ct}$  – первоначальный диаметр отверстия, мм.

## РНОСТРОЙ 2.15.4-2011

8.12.5 Скорректированный диаметр отверстия дроссельной диафрагмы  $d_n$ , мм, на узле при непосредственном соединении находят по формуле

$$d_n = \frac{d_{ст}}{y} \cdot \frac{P_B - \Delta P_\phi}{P_B - \Delta P_\phi / y^2}, \quad (38)$$

где  $P_B$  – располагаемый перепад давления на узле, кПа (м вод.ст.);

$\Delta P_\phi$  – фактическая потеря давления в системе отопления, кПа (м вод.ст.).

Если фактическую потерю давления в системе отопления измерить невозможно, то скорректированный диаметр отверстия диафрагмы определяют по формуле

$$d_n = \frac{d_{ст}}{y} \cdot \frac{P_B - \Delta P_p \cdot y^2}{P_B - \Delta P_p}, \quad (39)$$

где  $\Delta P_p$  – расчетные потери давления в системе отопления; берутся по данным проекта, по расчету или принимаются равными в диапазоне от 10 до 20 кПа (от 1 до 2 м вод.ст.)

8.12.6 После замены сопел элеваторов или диафрагм следует проверить температуру воздуха не менее чем в 15 % помещений. Измерения следует проводить при относительно устойчивых наружных температурах воздуха, в диапазоне «минус» 5 °С и ниже. Если усредненное значение замеренных температур окажется ниже расчетного, более чем на 0,5 °С или выше расчетного, более чем на 2 °С, необходимо вторично скорректировать диаметр сопла элеватора или диафрагмы. Коэффициент  $y$  в этом случае подсчитывают по формуле

$$y = \frac{(T_1 - T_2) \cdot (t_{вн} - t_n)}{(T_1^1 - T_2^1) \cdot (t_{вн} - t_n)}, \quad (40)$$

8.12.7 Расчет балансировочных вентилей или диафрагм для установки на стояках системы отопления производят при разработке мероприятий по наладке системы.

Расчет может быть также произведен и по упрощенной методике:

- определяют расчетный расход воды по каждому стояку,  $W_{ст}$ , кг/с (т/ч), по формуле

$$W_{ст} = \frac{A \cdot Q_{ст}}{(T_{3p} - T) \cdot c_w}, \quad (41)$$

где  $A=1,0$  при  $Q$  в кВт;  $A=10^{-3}$  при  $Q$  в ккал/ч.

- устанавливают дросселируемое давление на каждом стояке:

- 1) для первых по ходу воды стояков – 4-6 кПа (0,4-0,6 м вод.ст.);
- 2) для последних стояков – 1 кПа (0,1 м вод.ст.);
- 3) для средних – 1-4 кПа (0,1-0,4 м вод.ст.);
- 4) для попутных систем – 3-4 кПа (0,3-0,4 м вод.ст.).

8.12.8 При вертикальной разрегулировке однотрубной системы с замыкающими участками (верхняя разводка) возможны следующие способы регулирования:

- при перегреве приборов верхних этажей и неравномерном прогреве приборов нижних этажей – установка устройств на подводках к приборам верхних этажей, уменьшение площади поверхности нагрева на верхних этажах, увеличение диаметров перемычек на верхних этажах, снятие перемычек на нижних этажах;

- при неравномерном прогреве приборов верхних этажей по отдельным стоякам – установка устройств на замыкающих участках этих стояков на верхних этажах;

- при равномерном неравномерном прогреве приборов верхних этажей и одновременном перегреве приборов нижних этажей –

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

уменьшение коэффициента смешения путем прикрытия регулирующего клапана после элеватора;

- при равномерном перегреве приборов верхних этажей и одновременно неравномерном прогреве приборов нижних этажей – увеличение коэффициента смешения; для этого необходимо вместо элеватора установить подмешивающий насос; для безэлеваторных систем необходимо установить элеватор.

Последние два способа регулирования применимы для двухтрубных систем отопления и однетрубных проточных систем. При вертикальной разрегулировке отдельных стояков однетрубной приточной системы их регулирование достигается или изменением площади поверхности нагрева отопительных приборов, или установкой замыкающих участков между входом воды в приборы и выходом ее из приборов.

8.2.9 Регулирование систем отопления помещений цехов, оборудованных нагревательными приборами, начинают с проверки температуры всех нагревательных приборов. При неравномерном прогреве приборов необходимо прикрыть регулирующие устройства у перегреваемых приборов, открыть регулирующие устройства, проверить не засорены диафрагмы у холодных или плохо прогреваемых приборов, при необходимости установить недостающие регулирующие устройства и вновь проверить работу всех приборов. Если опять будет наблюдаться неравномерный прогрев приборов, следует заменить регулирующие устройства, увеличить или уменьшить площадь отверстия в диафрагме на 10-20 % в зависимости от перегрева или неравномерном прогреве прибора (наименьший диаметр отверстия диафрагмы равен 2 мм).

8.12.10 После равномерного прогрева приборов измеряют температуры подающей и обратной воды от этой системы или от ветви и

корректируют диафрагму, установленную на тепловом вводе или на ветви системы.

8.12.11 Результаты наладки системы отопления оформляются в виде технического отчета в соответствии с разделом 13.

## **9 Наладка и регулирование систем теплоснабжения**

9.1 Наладка и регулирование систем местного теплоснабжения заключается в обеспечении расчетных температур в отапливаемых помещениях и заданных режимов работы воздухонагревателей, водоподогревательных установок и технологического оборудования, потребляющих тепловую энергию от тепловой сети или котельной установки.

9.2 Наладка охватывает основные элементы системы теплоснабжения: водоподогревательную установку, котельную, тепловую сеть с установленными на ней контрольно-распределительными пунктами, насосами, отопительными агрегатами, установками вентиляции и кондиционирования и т.д.

9.3 Наладку следует начинать с обследования и испытания системы теплоснабжения, при этом выявляются фактические эксплуатационные режимы, возможные дефекты проекта и монтажа, выполняется анализ основных характеристик системы.

9.4 Обследование системы теплоснабжения.

9.4.1 Обследование системы теплоснабжения с целью выявления фактического эксплуатационного режима работы системы рекомендуется начинать в период отопительного сезона.

9.4.2 Перед обследованием системы теплоснабжения проводится ознакомление с проектными материалами, исполнительными чертежами, а

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

также с эксплуатационными данными о режимах работы системы, авариях, непрогревах и т.п.

9.4.3 При обследовании оборудования выявляются:

- фактическая схема теплоснабжения и сведения о ее реконструкции;
- тепловые и гидравлические характеристики оборудования (котлов, водоподогревателей, насосов, регулирующего оборудования и т.д.);
- наличие, тип и места установки контрольно-измерительных приборов (КИП) и регулирующих приборов;
- состояние арматуры кранов для выпуска воздуха, трубопроводов, каналов, дренажных устройств, а также изоляции трубопроводов;
- состояние внутренней поверхности трубопроводов;
- типы и количество установленных отопительных приборов и воздухонагревателей;
- состояние внутренних поверхностей теплопотребляющих приборов (в первую очередь приборов, в которых наблюдается охлаждение концевых секций);
- наибольшая высота расположения отопительных и воздухонагревателей вентиляционных систем;
- схемы обвязок теплообменников и регистров по теплоносителю;
- состояние изоляции разводящих трубопроводов.

9.4.4 При ознакомлении с гидравлическим и тепловым режимами работы системы централизованного теплоснабжения должны быть установлены:

- расчетные схемы трубопроводов систем отопления и вентиляции с указанием длин и диаметров участков и нанесением отопительных приборов и теплообменников;

- расход циркулирующей воды по сети и пределы его колебаний;
- фактическое давление воды в подающем и обратном трубопроводах источника тепла и пределы его колебаний;
- соответствие расчетному графику фактических температур горячей и обратной воды;
- фактический расход тепла потребителями;
- особенности работы систем теплоснабжения (степень и характер гидравлической и тепловой регулировки систем, режим работы установок, теплообменников и т.д.);

9.4.5 Обследуется состояние строительных ограждений зданий (окон, фрамуг, ворот и т.д.).

9.4.6 На основе материалов обследования системы теплоснабжения должен быть составлен перечень мероприятий по упорядочению работы системы. В этот перечень включаются указания:

- по устранению выявленных при обследовании дефектов проекта и монтажа;
- по очистке и промывке подогревателей и трубопроводов сети и систем теплоснабжения;
- по устранению перемычек между подающим и обратным трубопроводами;
- по изменению обвязок теплообменников и отопительных регистров с параллельного соединения на последовательное;
- по установке недостающих КИП и запорной арматуры;
- по утеплению зданий (остекление фонарей и окон, приведение в исправное состояние наружных дверей и пр.).

9.5 Определение расходов тепла и воды для расчетных условий по потребителям.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

9.5.1 Расходы тепла для расчетных условий при наличии рабочей документации и соответствии проектов натуре принимаются по проектным данным.

При отсутствии проектной документации или несоответствии проектов фактической схеме, определяются по теплотопере помещений зданий или по укрупненным измерителям исходя из удельной тепловой характеристики и объема здания по аналогии с 8.7.

9.5.2 Определение расходов тепла и воды теплообменников вентиляционных установок в расчетных условиях.

Расходы тепла в расчетных условиях для теплообменников на сооружаемых зданиях принимаются по проектным данным. Расходы воды определяются в зависимости от значения температуры обратной воды для каждой установки, определяемой расчетом, путем деления расхода тепла на разность температур прямой и обратной воды в расчетных условиях.

Расходы тепла и воды для теплообменников при расчетных условиях в действующих зданиях необходимо определять, исходя из фактического расхода воздуха и фактической поверхности нагрева установки с учетом их компоновки и обвязки по теплоносителю.

9.5.3 Расходы тепла и воды для оборудования вентиляции кондиционирования воздуха (центральных кондиционеров, доводчиков и т.д.) и отопительно-вентиляционных систем необходимо принимать по данным фактических испытаний, технических отчетов по испытанию и наладке системам кондиционирования воздуха и вентиляции.

## **9.6 Гидравлический расчет местных систем теплоснабжения**

9.6.1 Целью гидравлического расчета местных систем теплоснабжения является определение потерь давления разводящими трубопроводами, а также определение ожидаемых располагаемых напоров

у каждого отдельного стояка, прибора или теплообменника систем кондиционирования воздуха и вентиляции.

9.6.2 Гидравлический расчет производится после составления уточненной расчетной схемы местной системы теплоснабжения с нанесением на нее расчетных участков. За основу расчета принимаются расходы воды стояка, отопительного прибора и теплообменника для расчетных условий.

9.6.3 Эквивалентная шероховатость трубопроводов действующих систем, присоединенных к тепловой сети по непосредственной схеме или по независимой схеме, принимается равной фактической эквивалентной шероховатости тепловой сети с тем же сроком эксплуатации. При гидравлическом расчете вновь смонтированных систем теплоснабжения эквивалентную шероховатость следует принимать равной 0,2 мм.

9.6.4 Потери напора на участках с целью упрощения расчета принимаются равными:

- 30% линейных потерь шероховатости 0,2 ÷ 0,5 мм;
- 20%                   »   »   »   »   1 ÷ 2 мм;
- 15%                   »   »   »   »   3 ÷ 4 мм.

9.6.5 Гидравлическое сопротивление теплообменника систем кондиционирования воздуха и вентиляции определяется в зависимости от расхода воды, типа и числа воздухонагревателей в установке, схемы обвязки по воде, диаметра трубопроводов обвязки, типа запорной арматуры и характеристики регулирующих клапанов.

9.6.6 Гидравлический расчет трубопроводов систем теплоснабжения производится компьютерным программным комплексами или расчетом по аналогии с 8.9.5.

9.7 Рекомендуемые мероприятия по наладке системы местного теплоснабжения.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

9.7.1 Мероприятия по наладке системы централизованного теплоснабжения разрабатываются после проведения гидравлических испытаний и выбора теплового и гидравлического режима при условии минимальных затрат на реконструкцию систем:

а) по водоподогревательной установке (котельной):

- о переделке схем водоподогревательной установки (котельной);
- об установке дополнительных поверхностей нагрева;
- о замене существующих насосов;
- об автоматизации работы оборудования;

б) по тепловой сети:

- о замене трубопроводов на отдельных участках сети;
- о дополнительной установке арматуры и контрольно-измерительных приборов;
- о ликвидации перемычек, установленных на период проведения гидравлических испытаний;

в) по тепловому узлу:

- установке смесительных насосов;
- установке элеваторов с определенными расчетом диаметрами сопла;
- установке балансировочных вентилей или дроссельных диафрагм;
- автоматизации работы узлов управления;

г) по системам теплоснабжения:

- установке дроссельных диафрагм на стояках, на подводках к отопительным приборам;

д) по приборам и теплообменным установкам;

- замене трубопроводов на отдельных участках разводящих магистралей;

- установке дополнительных поверхностей нагрева в теплообменных установках.

9.7.2 Гидравлический режим системы теплоснабжения определяется величинами напоров воды в подающем и обратном трубопроводах на выводах источника тепла. Необходимо указать, каким способом будет обеспечиваться заданный режим: схема включения и количество одновременно работающего оборудования, величины давления или перепада давления поддерживаются автоматически регулирующими клапанами и т.д.

#### 9.8 Регулирование систем теплоснабжения.

9.8.1 Регулирование систем теплоснабжения в отопительный период производится только после выполнения разработанных мероприятий по наладке и устранения всех недоделок.

##### 9.8.2 Задачи регулирования систем теплоснабжения включают:

- обеспечение источником тепла заданного гидравлического и теплового режима;

- обеспечение расчетного расхода теплоносителя по всем подключенным к тепловой сети системам теплопотребления, а также по теплопотребляющим приборам и установкам;

- при несоответствии фактических расходов расчетным производится корректировка устройств, с помощью которых распределяется теплоноситель (балансировочных регуляторов, дроссельных диафрагм, сопл элеваторов и других устройств);

- обеспечение расчетных внутренних температур воздуха в помещениях; при несоответствии установленной поверхности нагрева фактическим теплопотерям помещения эту поверхность изменяют.

9.8.3 Наладка систем теплоснабжения включает регулирование следующих элементов:

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- источника тепла;
- тепловой сети;
- систем теплоснабжения.

9.8.4 Регулирование источника тепла заключается в обеспечении следующих условий:

- давление воды в обратном коллекторе источника тепла не должно отклоняться от заданного более чем на  $\pm 10\%$ ;
- разность давлений в подающем и обратном трубопроводах (располагаемый напор) на выходах источника тепла должна отклоняться от заданной не более чем на  $\pm 5\%$ ;
- температура воды в подающем трубопроводе должна отклоняться от температуры заданного температурного графика не более чем на  $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- расход воды (допускаются отклонения  $\pm 10\%$ ).

9.8.5 Замена регулирующего клапана, смена сопл элеваторов и дроссельных диафрагм производится в тех случаях, когда коэффициент относительного расхода воды  $u$  находится в пределах  $0,9 > u > 1,15$  и температура воздуха в помещениях отличается от нормы. После замены регулирующего клапана, сопл элеваторов или дроссельных диафрагм на тепловых вводах следует проверить температуру воздуха не менее чем в 15% помещений. Если усредненное значение замеренных температур окажется ниже расчетного более, чем на  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  или выше расчетного более, чем на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , процедуры необходимо повторить.

9.8.6 Выполняется корректировка дроссельной диафрагмы, установленной перед отопительными водоводяными подогревателями, для обеспечения расчетного количества тепла по местным системам отопления.

9.8.7 Регулирование тепловой сети.

Регулирование тепловой сети производится после регулирования источника тепла и начинается с построения графика фактических напоров (пьезометрического графика) и проверки остывания воды в подающих трубопроводах.

#### 9.8.8 Регулирование систем теплоснабжения.

9.8.8.1 Регулирование систем теплоснабжения и отдельных теплоснабжающих приборов базируется на проверке соответствия фактических расходов воды расчетным (определение относительных расходов воды).

Степень соответствия фактического расхода воды расчетному определяется температурным перепадом воды в системе или отдельном теплоснабжающем приборе. Измерения температур необходимо производить только при установившемся режиме работы сети.

9.8.8.2 Регулирование систем теплоснабжения цехов, оборудованных как конвективно-излучающими приборами, так и воздухонагревательными установками, начинается с проверки работы всех нагревательных приборов. Проверка работы конвективно-излучающих приборов производится при неодинаковом прогреве теплообменников вентиляционно-отопительного оборудования. При этом проверить состояние и наличие регулирующих устройств или дроссельных диафрагм у перегреваемых приборов, холодных или плохо прогреваемых приборов, после чего промыть систему. Если опять будет наблюдаться неравномерный прогрев приборов, следует выполнить регулировку вентиля или увеличить или уменьшить площади отверстий в дроссельных диафрагмах на 10 – 20 % в зависимости от величины перегрева или недогрева прибора. После выравнивания прогрева приборов измеряют температуру воды в подающем и обратном трубопроводах от этой системы или от ветви (только с конвективно-излучающими приборами) и

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

корректируют клапан или дроссельную диафрагму, установленную на тепловом вводе или на ответвлении.

9.8.8.3 После корректировки производится проверка работы всей системы. Измерения температур в подающем и обратном трубопроводах, на тепловых узлах и температур воздуха в помещении должны производиться через 2 – 3 ч после включения воздухонагревательных установок, по воде и по воздуху. Температура воды в подающем трубопроводе должна соответствовать расчетному температурному графику.

9.8.8.4 При соответствии теплоотдачи системы теплопотерям, когда температура воздуха в помещении отличается более, чем на 3 °С от расчетной, необходимо увеличить или уменьшить площади поверхностей нагрева приборов.

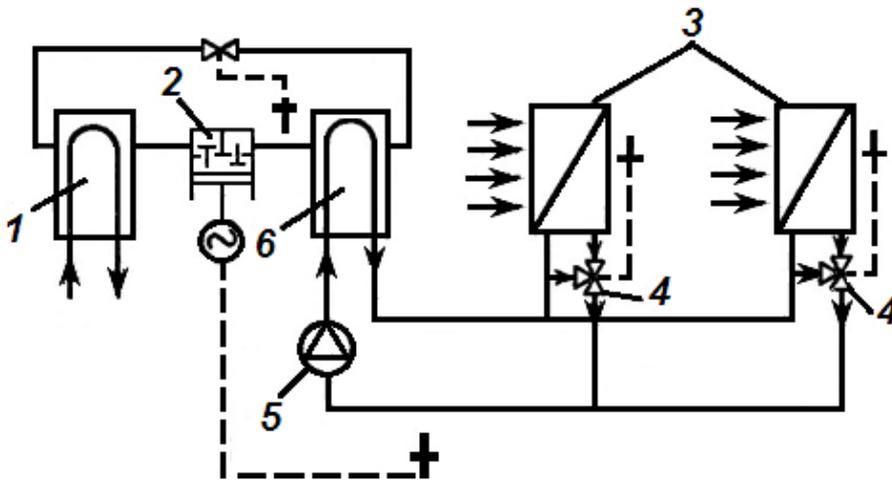
9.8.9 Результаты наладки системы теплоснабжения оформляются в виде технического отчета в соответствии с разделом 13.

## **10 Наладка и регулирование систем холодоснабжения**

### **10.1 Система холодоснабжения одноконтурная**

10.1.1 Система ХС, выполненная по одноконтурной схеме, состоит из: источника холода (холодильная установка), насосной станции, трубопроводов, запорно-регулирующей арматуры, потребителей холода (воздухоохладители).

10.1.2 Принципиальная одноконтурная схема системы центрального ХС приведена на рисунке 10.1.



1 – конденсатор холодильной установки; 2 – компрессор холодильной установки; 3 – потребители холода (воздухоохладители); 4 – трехходовой смесительный клапан; 5 – насосная станция холодоносителя; 6 – испаритель холодильной установки.

Рисунок 10.1 – Одноконтурная схема системы холодоснабжения

10.1.3 Наладку системы ХС по одноконтурной схеме выполняет исполнитель.

10.1.4 Исполнителю перед началом наладки системы центрального ХС по одноконтурной схеме необходимо:

- убедиться в том, что произведена наладка (испытание и регулирование) отдельных устройств систем ХС и гидравлическая регулировка системы;
- подготовить таблицу результатов наладки, в которой указываются:
- индекс (номер) потребителя холода;
- фактический расход холодоносителя потребителя холода;
- температура подающего холодоносителя к потребителю холода;
- температура обратного холодоносителя от потребителя холода;
- фактический расход холода потребителя холода;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- фактический расход холодоносителя через испаритель холодильной установки;
- температура холодоносителя на выходе из испарителя холодильной установки;
- температура холодоносителя на входе в испаритель холодильной установки (в сборном коллекторе обратного холодоносителя);
- фактическая холодопроизводительность холодильной установки;
- фактический перепад давления на насосной станции.
- полностью открыть регулирующие клапана на узлах регулирования потребителей холода;
- обеспечить максимальную нагрузку на потребителей холода;
- обеспечить поддержание выставленной проектной уставки температуры холодоносителя на выходе из испарителя холодильной установки.

10.1.5 В процессе наладки системы ХС по одноконтурной схеме, исполнитель:

- при выявлении недостаточного или избыточного расхода холодоносителя на потребителях холода, производит дополнительную корректировку настройки балансировочных клапанов на узлах регулирования потребителей холода, начиная с потребителей холода с избыточным расходом холодоносителя.
- определяет рабочую точку насоса (насосной станции), нанеся полученные значения напора и расхода на каталожную характеристику насоса;
- проверяет выключение компрессора холодильной установки по сигналу датчика температуры, устанавливаемого на сборном коллекторе

обратного трубопровода, когда температура холодоносителя достигает минимального значения, например  $t_{\text{мин}}=11,5^{\circ}\text{C}$ ;

- включение компрессора холодильной установки – при достижении максимальной температуры, например  $t_{\text{макс}}=12,5^{\circ}\text{C}$ . Разность максимального и минимального значений температур, например  $\Delta t=1,0^{\circ}\text{C}$ , называется зоной нечувствительности;

- проверяет «время задержки включения» холодильной установки (цикл работы холодильной установки), необходимое время, между двумя успешными включениями холодильной установки, которое не должно быть менее 6 минут.

10.1.6 При времени задержки включения холодильной установки менее 6 мин., рекомендуется устанавливать аккумулялирующий бак.

Объем аккумулялирующего бака можно определять по формуле

$$V = Q_{\text{хол уст}} \cdot (1 - b) \cdot \tau_{\text{р}} / (c_{\text{хол}} \cdot \rho_{\text{хол}} \cdot (t_{\text{хол к}} - t_{\text{хол н}})) - V_{\text{тр}}, \quad (42)$$

где:  $b$  – коэффициент рабочего времени холодильной установки,  $b = 0,7-0,8$ ;

$Q_{\text{хол уст}}$  – холодопроизводительность холодильной установки, кВт;

$\tau_{\text{р}}$  – продолжительность работы до отключения, с:

$$\tau_{\text{р}} = 900 \text{ с при } Q_{\text{хол уст}} \leq 45 \text{ кВт},$$

$$\tau_{\text{р}} = 1200 \text{ с при } 45 \text{ кВт} < Q_{\text{хол уст}} \leq 180 \text{ кВт},$$

$$\tau_{\text{р}} = 1800 \text{ с при } Q_{\text{хол уст}} > 180 \text{ кВт},$$

$c_{\text{хол}}$  – удельная теплоемкость холодоносителя, кДж/(кг·К);

$\rho_{\text{хол}}$  – плотность холодоносителя, кг/м<sup>3</sup>;

$t_{\text{хол к}} - t_{\text{хол н}}$  – конечная и начальная температуры холодоносителя, °С;

$V_{\text{тр}}$  – объем трубопроводов системы ХС, м<sup>3</sup>.

10.1.7 Наладка работы системы ХС по одноконтурной схеме заключается, в обеспечении: циркуляции необходимого расхода и

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

поддержания температуры холодоносителя – достаточных для нормальной работы потребителей холода.

10.1.8 Нормальная работа системы ХС по одноконтурной схеме характеризуется:

- нормальной работой оборудования в расчетном режиме;
- отсутствием повышенной цикличности работы холодильной установки (время цикла, равное сумме времени работы и остановки превышает «время задержки включения»).

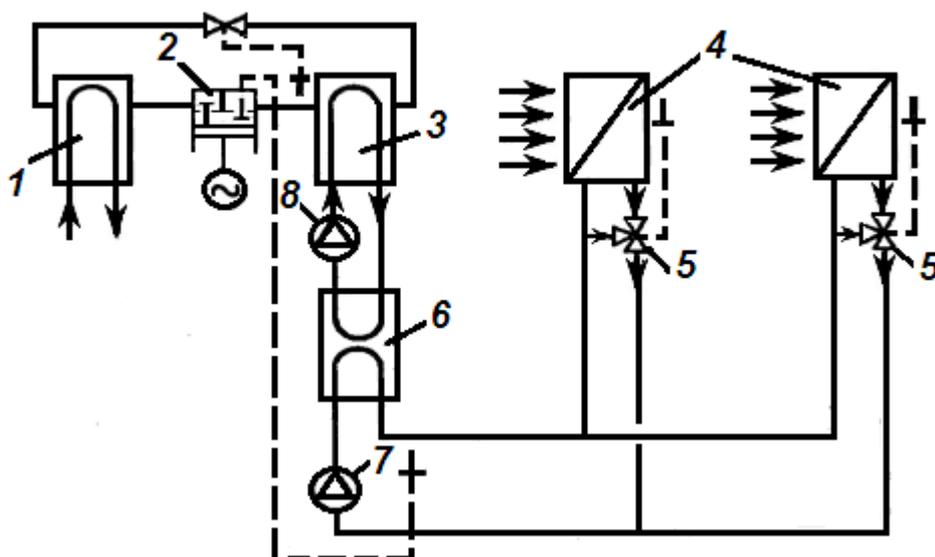
10.1.9 Результаты наладки системы ХС по одноконтурной схеме оформляются в виде Технического отчета в соответствии с разделом 13.

## **10.2 Система холодоснабжения двухконтурная**

10.2.1 Система ХС, выполненная по двухконтурной схеме состоит из:

- первый контур объединяет: источник холода (холодильная установка), насос (насосная станция), промежуточный теплообменник;
- второй контур объединяет: потребители холода (воздухоохладители), насос (насосная станция), промежуточный теплообменник.

10.2.2 Принципиальная двухконтурная схема системы центрального ХС приведена на рисунке 10.2.



1-й контур: 1 – конденсатор холодильной установки; 2 – компрессор холодильной установки; 3 – испаритель холодильной установки; 6 – промежуточный теплообменник; 8 – насос холодоносителя в первичном контуре.

2-й контур: 4 – потребители холода (воздухоохладители); 5 – трехходовой смешивательный клапан; 6 – промежуточный теплообменник; 7 – насос холодоносителя во вторичном контуре.

Рисунок 10.2 – Двухконтурная схема системы холодоснабжения

10.2.3 Наладку системы ХС по двухконтурной схеме выполняет исполнитель.

10.2.4 Исполнителю перед началом наладки системы ХС по одноконтурной схеме необходимо:

- убедиться в том, что произведена наладка (испытание и регулирование) отдельных устройств систем ХС и гидравлическая регулировка системы;

- подготовить таблицу результатов наладки, в которой указываются:

1-ый контур:

- фактический расход жидкости (холодоносителя) через испаритель холодильной установки;

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- температура жидкости (холодоносителя) на выходе из испарителя холодильной установки;

- температура жидкости (холодоносителя) на входе в испаритель холодильной установки;

- фактическая холодопроизводительность холодильной установки;

- фактический перепад давления на насосной станции 1-го контура.

2-ой контур:

- индекс (номер) потребителя холода;

- фактический расход холодоносителя потребителя холода;

- температура подающего холодоносителя к потребителю холода;

- температура обратного холодоносителя от потребителя холода;

- фактический расход холода потребителя холода;

- фактический расход холодоносителя через промежуточный теплообменник;

- температура подающего холодоносителя на выходе из промежуточного теплообменника;

- температура обратного холодоносителя на входе в промежуточный теплообменник;

- фактический перепад давления на насосной станции 2-го контура;

- полностью открыть регулирующие клапана на узлах регулирования потребителей холода;

- обеспечить максимальную нагрузку на потребителей холода;

- обеспечить поддержание выставленной проектной уставки температуры холодоносителя на выходе из испарителя холодильной установки.

10.2.5 В процессе наладки системы ХС по одноконтурной схеме, исполнитель:

- при выявлении недостаточного или избыточного расхода холодоносителя на потребителях холода, производит дополнительную корректировку настройки балансировочных клапанов на узлах

регулирования потребителей холода, начиная с потребителей холода с избыточным расходом холодоносителя;

- определяет рабочие точки насосов (насосных станций) 1-го и 2-го контуров, нанеся полученные значения напоров и расходов соответственно на индивидуальные каталожные характеристики насосов (насосных станций), проверить, работают ли они в своей характеристике;

- проверяет выключение компрессора холодильной установки по сигналу датчика температуры, устанавливаемого на выходе из промежуточного теплообменника подающего холодоносителя во 2-ом контуре, когда температура воды достигает минимального значения, например  $t_{\text{мин}}=7,0$  °С;

- проверяет включение компрессора холодильной установки – при достижении максимальной температуры, например  $t_{\text{макс}}=8,0$  °С.

- разность максимального и минимального значений температур, например  $\Delta t = 1,0$  °С, называется зоной нечувствительности;

- проверяет «время задержки включения» холодильной установки (цикл работы холодильной установки), необходимое время, между двумя успешными включениями холодильной установки, которое не должно быть менее 6 минут.

10.2.6 При времени задержки включения холодильной установки менее 6 мин., см. рекомендации в 10.1.6.

10.2.7 Как правило, в 1-м контуре «испаритель холодильной установки – промежуточный теплообменник», циркулирует незамерзающий водный раствор этилен(пропилен)гликоля. Концентрация водного раствора этилен(пропилен)гликоля должна применяться в соответствии к минимальной температуре наружного воздуха в месте расположения охладителя.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

10.2.8 Наладка работы системы ХС по двухконтурной схеме заключается в обеспечении циркуляции необходимого расхода и поддержании температуры холодоносителей в двух контурах, достаточных для нормальной работы потребителей холода.

10.2.9 Нормальная работа системы ХС по двухконтурной схеме характеризуется:

- устойчивым гидравлическим режимом работы контуров;
- достаточной температурой и расходов холодоносителей для нормальной работы потребителей холода;
- отсутствием повышенной цикличности работы холодильной установки.

10.3 Если фактические расходы холодоносителя по потребителям холода не отличаются от проектных на  $\pm 10\%$ , то система центрального ХС считается пригодной к эксплуатации. В противном случае, мероприятия по устранению причин отклонения фактических расходов холодоносителя от проектных значений излагаются в Техническом отчете.

10.4 После комплексной наладке системы ХС производят контрольные замеры общего расхода ( $G_{\text{х ц}}$ ) жидкости (холодоносителя), подаваемого к потребителям холода из холодильного центра, перепада температур на входе ( $t_{\text{х ц вх}}$ ) и выходе ( $t_{\text{х ц вых}}$ ) жидкости (холодоносителя) из холодильного центра и его давления на выходе. Оценивают соответствие значений этих параметров проектным значениям, а также сравнивают количество ( $Q_{\text{х ц}}$ ) отданного потребителям «холода» на выходе из холодильного центра:

$$Q_{\text{х ц}} = G \cdot (t_{\text{х ц вх}} - t_{\text{х ц вых}}) \cdot c_p \cdot v \quad (43)$$

с количеством «холода», полученного потребителями холода ( $Q_{\text{потр}}$ ):

$$Q_{\text{потр}} = c_{p \text{ хол}} \cdot v \cdot \sum G_{i \text{ потр}} \cdot (t_{\text{вых } i \text{ потр}} - t_{\text{вх } i \text{ потр}}) , \quad (44)$$

где  $G_{i \text{ потр}}$  – расход жидкости (холодоносителя) у одного из потребителей холода;

$t_{\text{вых } i \text{ потр}}$  – температура жидкости (холодоносителя) на выходе из потребителя холода;

$t_{\text{вх } i \text{ потр}}$  – температура жидкости (холодоносителя) на входе в потребитель холода;

$v$  – объемная масса жидкости (холодоносителя);

$c_{p \text{ потр}}$  – удельная теплоемкость жидкости (холодоносителя),

и оценивают величину  $(Q_{x \text{ ц}} - Q_{\text{потр}})$  потери «холода» в магистралях.

Величина потери «холода» в магистралях не должна быть более 5 % количества  $(Q_{x \text{ ц}})$  отданного потребителям «холода» на выходе из холодильного центра.

## **11 Мероприятия по энергосбережению при проведении наладочных работ**

11.1 Основные направления решений по энергосбережению определяются условиями фактического состояния оборудования, техническими решениями проекта и профессиональным уровнем исполнителей.

11.2 Экономическая эффективность наладочных работ определяется за один отопительный период при наладке систем отопления и теплоснабжения, годовой период работы систем ХС.

11.3 Фактическая величина экономии тепла и топлива указывается в гигакалориях или в кВт за расчетный период до и после выполнения наладочных работ. Ожидаемое снижение затрат энергоресурсов за счет

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

внедрения рекомендаций следует указать за весь период эксплуатации с учетом расходов на их внедрение.

11.4 Анализ энергоэффективности систем следует проводить по удельным расходам тепла или холода, отнесенным к 1 м площади помещений или 1 м<sup>3</sup> объема здания.

11.5 Экономический эффект может быть достигнут при реализации следующих предложений:

11.5.1 Применение насосных установок с частотным регулированием оборотов.

11.5.2 Установка узлов учета тепла и холода для мониторинга расхода ресурсов по помещениям, цехам или зданиям.

11.5.3 Замена устаревших типов оборудования на современные энергосберегающие устройства.

11.5.4 Использование тепла от конденсаторов холодильных машин, в т.ч. на горячее водоснабжение.

11.5.5 Внедрение режима «свободного» охлаждения в работе холодильных машин.

11.5.6 Разделение общих систем отопления на самостоятельную сеть для обслуживания южной и северной сторон здания.

11.5.7 Снижение энергопотребления насосами за счет оптимизации потерь давлений в гидравлических сетях систем.

11.5.8 Применение в существующих трубопроводах теплоизоляции с высокими теплозащитными характеристиками.

## 12 Требования к качеству работ

Основным критерием оценки качества выполнения работ по наладке систем отопления, ТХС является достоверность полученных результатов измерений, точность регулировки, обеспечивающих:

- безопасность работы систем отопления, ТХС в эксплуатируемых, реконструируемых и строящихся зданиях и сооружениях;
- безопасную эксплуатацию жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений.

Оборудование системы ХС являются сложными техническими устройствами, отдельные основные устройства, такие как холодильная установка, компоненты которой находятся под высоким давлением, требуют, чтобы работы связанные с пуском и наладкой оборудования системы ХС, в особенности холодильная установка, производились исполнителем должным образом обученным, имеющим соответствующую квалификацию и документы на право производства работ.

## 13 Отчетная техническая документация

13.1 Документация должна быть краткой и содержать данные, которые необходимы для анализа работы систем или обоснования технических решений по повышению их эффективности.

13.2 Графическое оформление должно соответствовать ГОСТ 21.602. Отклонение от ГОСТ 21.602 допускается при наличии пояснений в содержании или графическом обозначении.

13.3 Индивидуальные испытания оборудования и узлов систем отопления, ТХС.

## **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

По результатам проведенных работ составляют акты индивидуального испытания оборудования и узлов (не менее четырех экземпляров) согласно установленной форме (приложение Д).

13.4 Комплексное опробование системы отопления (теплоснабжения, ХС).

По результатам проведенных работ оформляется отчетная документация в виде Технического отчета согласно установленной форме (приложение К), включающего в себя: текстовый материал, таблицы и чертежи, паспорт системы, выводы и рекомендации.

## **14 Техника безопасности**

14.1 При выполнении работ исполнитель должен соблюдать Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ПБ 10-115-96 [6].

14.2 До начала работ в здании или сооружении исполнитель должен ознакомиться с действующими правилами внутреннего распорядка, строго их выполнять. Получить разрешение на проведение работ.

14.3 Для работ в зданиях, зонах или помещениях с огнеопасными или взрывоопасными материалами исполнитель обязан получить наряд – допуск, установленный для данного предприятия.

14.4 Выполнение работ по наладке холодильного оборудования в закрытых пространствах, проводят звеном не менее двух человек, при этом 1 человек в закрытой зоне, другой снаружи.

14.5 Прежде чем войти в закрытые помещения, проверяют его на наличие кислорода. Для испытания на наличие кислорода нельзя пользоваться монитором наличия утечек, так как с его помощью нельзя установить, достаточно ли в помещении кислорода для

жизнедеятельности. Для контроля наличия кислорода в производственных помещениях должны быть предусмотрены специальные приборы.

14.6 При осмотре холодильного оборудования, расположенного в закрытых помещениях, а также трубопроводов в колодцах и туннелях необходимо удостовериться в отсутствии в воздухе хладагента, например, с помощью галоидного или другого течеискателя. В случае обнаружения паров хладагента в этих объектах вход в них запрещен до их проветривания.

14.7 Проходы вблизи холодильного оборудования должны быть всегда свободны, а полы проходов – в исправном состоянии.

14.8 Перед началом работы с оборудованием в закрытых помещениях убеждаются в том, что разгрузочные коллекторы предохранительных клапанов и спускные вентиля выведены за пределы помещения и отключены от всех воздухозаборников, соединенных со зданием. Проверяют, хорошо ли вентилируется помещение. При необходимости для рассеивания паров хладагентов можно воспользоваться вспомогательными вентиляционными системами (например, воздуходувками или вентиляторами).

14.9 Курение в машинных отделениях, а также в других помещениях, где установлено холодильное оборудование, запрещается.

14.10 Холодильные системы должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения в соответствии с действующими нормами. Размещение и хранение в помещениях холодильных установок посторонних предметов не допускается.

14.11 Запрещается запуск и проведение испытаний холодильной системы с неисправными приборами защитной автоматики.

## **РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

14.12 При обнаружении ударов, подозрительного шума, сильной вибрации в системах ХС немедленно прекратить испытания до выяснения причин.

14.13 Запрещается снимать ограждения с движущихся частей и прикасаться к движущимся частям холодильного оборудования, как при работе, так и после остановки этого оборудования, пока не будет предотвращено его случайное или несанкционированное включение.

14.14 Вскрывать компрессоры, аппараты и трубопроводы холодильных систем разрешается только после того, как давление хладагента будет понижено до атмосферного и останется постоянным в течение 20 минут. Нагнетательный клапан компрессора следует закрыть только после устранения возможности автоматического пуска этого компрессора.

14.15 Запрещается вскрывать холодильные аппараты с температурой стенок ниже «минус» 35 °С (до их отепления).

14.16 Нельзя без необходимости трогать клапаны или устройства сброса давления.

**Приложение А**

(рекомендуемое)

**Комплект контрольно-измерительных приборов для пуска, испытания, наладки и регулирования систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения**

**А.1 Средства измерений:**

- клещи токовые с пределами измерения тока 400/1200 А;
- комбинированный приемник давления – КПД-1 (диапазон измерений перепадов от 0,01 до 400 мм водяного столба, погрешность  $\pm (0,05-0,1)$ ) или аналог;
- манометр дифференциальный сильфонный показывающий, ДСП-160-М1 (ТУ25-7310.0063-87) [7] или аналог;
- манометр образцовый МО, ВО ТУ25-05-1664-74 [8] или аналог;
- мегомметр, соответствующий требованиям группы 3 (ГОСТ 22261);
- ультразвуковой расходомер жидкостей;
- секундомер электронный цифровой СЭЦ-10000 погрешность  $\pm 0,01$  с ;
- тахометр (диапазон измерения скорости вращения (100-29999) об/мин, погрешность  $\pm (0,02 \%+1)$ );
- тепловизор (диапазон измерения температуры от «минус» 20 до + 100 °С; от 0 до + 350 °С, погрешность  $\pm 2$  °С);
- универсальный измерительный прибор (тестер); с пределами измерения тока от 0 до 10 А, напряжения до 1000 В, сопротивления до 50 МОм;
- универсальный прибор для измерения температуры с пределами измерения от минус 50 °С до плюс 250 °С, с точностью (0,1-0,5) °С;
- шумомер, (ГОСТ Р 53188.1) или аналог;
- манометрическая станция двухпозиционная;
- вакуумный насос (25 микрон, 0,0034бар);
- весы электронные цифровые (точность до 0,5кг);
- течеискатель электронный (0-52°С);
- вакуумметр 1/2 SAE (шкала 1.000-0Мбар).

**А.2 Инструмент:**

- дрель электрическая с набором сверл, насадка–шуруповерт;
- ключи метрические 6–36 мм;
- молотки 500 г и 100 г;

#### **Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

- отвертки плоские и крестообразные;
- плоскогубцы, круглогубцы, кусачки;
- штангенциркуль; ШЦ-I-125-0,1 1кл. (ГОСТ 166);
- набор напорных шлангов.

**Приложение Б**

(рекомендуемое)

**Содержание отчета «Технический отчет сбора исходных данных для реконструируемой системы отопления (теплоснабжения, холодоснабжения)»**

При разработке исходных данных необходимо представить технический отчет, в котором отражаются:

- краткая характеристика здания и систем потребителей;
- характеристика реконструируемых систем потребителей;
- технические данные реконструируемых систем потребителей;
- рекомендации по использованию существующего оборудования, отдельных участков трубопроводов;
- рекомендуемые схемы систем отопления, теплоснабжения и холодоснабжения;
- предложения по установке нового оборудования;
- предложения по прокладке новых сетей трубопроводов;
- целесообразность устройства установок утилизации тепла/холода;
- исходные данные для проектирования систем.

**Примечание** – Технический отчет сбора исходных данных для реконструируемой системы отопления, теплоснабжения и холодоснабжения – составляется отдельно на каждый вид системы.

Приложение В

(рекомендуемое)

Регламент предпусковых и пусковых контрольных проверок холодильной  
установки № \_\_\_\_\_

**Общие данные:**

Наименование работы:.....

Место установки:.....

Подрядчик, производивший установку:.....

Поставщик оборудования:.....

Пуск произвел (указать фамилию):.....

Дата: .....

**1 Оборудование:**

Модель:..... Серийный №:.....

**Контур А**

**Контур В**

1. Модель № ..... 1. Модель №.....

Серийный № ..... Серийный №.....

2. Модель №..... 2. Модель №.....

Серийный №..... Серийный №.....

3. Модель №..... 3. Модель №.....

Серийный №..... Серийный №.....

4. Модель №..... 4. Модель №.....

Серийный №..... Серийный №.....

**2 Оборудование для обработки воздуха:**

Производитель.....

Модель №..... Серийный №.....

Дополнительные установки и аксессуары для обработки воздуха.

.....  
.....  
.....  
.....

**3 Предварительный осмотр и проверка оборудования:**

Имеется ли повреждение? .....

Если имеется, то где.....

Это повреждение препятствует проведению пуска холодильной  
установки?.....

Холодильная установка установлена горизонтально .....

Параметры напряжения питания соответствуют данным в табличке паспортных  
данных .....

Типоразмеры и монтаж электрических проводов соответствуют техническим  
условиям .....

Провод заземления холодильной установки подключен .....

Типоразмеры и монтаж устройств защиты соответствуют техническим условиям

.....

Все клеммы затянуты .....

Монтаж кабелей и термисторов произведен правильно (перекрещивание  
проводов отсутствует).....

Все заглушки и пробки затянуты .....

**4 Проверка систем обработки воздуха конденсатора:**

Все камеры обработки воздуха работоспособны .....

Все вентиля на линиях холодильного агента открыты .....

Все трубопроводы подсоединены правильно .....

Конденсатор полностью заправлен холодильным агентом .....

Давление холодильного агента в конденсаторе составляет.....

Все вентиляторы конденсатора\_ вращаются в правильном направлении-.....

**5 Проверка холодильной установки перед пуском:**

Взаимоблокировка насоса охлажденной воды с холодильной установкой выполнена правильно .....

Уровень масла нормальный .....

Нагреватели картера компрессоров были включены в течение 12 часов .....

Проверка холодильной установки на отсутствие утечек произведена (в том числе по фитингам) .....

Все утечки холодильного агента обнаружены, устранены и зафиксированы в рабочей документации:.....

Измеренные значения напряжения отдельных фаз трехфазной сети составляют:

1-ая – 2-ая .....+..... 2-ая – 3-ья..... 1-ая – 3-

ья.....

Среднее напряжение = .....

Максимальное отклонение от среднего значения = .....

Номинальное напряжение = ..... (см. инструкции по установке)

Асимметрия напряжений менее .....

Напряжение электропитания не выходит за номинальный диапазон напряжений .....

**6 Проверка жидкостного (водяного) контура испарителя:**

Объем жидкости (воды) в контуре = ..... (литров)

Вычисленный объем = ..... (литров)

Требующийся объем контура заполнен:

В контур залито..... литров требующегося ингибитора коррозии .....

В контур залито.....литров антифриза (при необходимости).....

Защита жидкостных (водяных) трубопроводов до испарителя осуществляется электрическим ленточным нагревателем .....

В трубопроводе обратной жидкости (воды) установлен сетчатый фильтр с размером ячейки 1,2мм .....

Из контура полностью удален весь воздух .....

Все вентиля на трубопроводах открыты .....

Все трубопроводы подсоединены правильно .....

Насос охлажденной жидкости (воды)\_ вращается в правильном направлении-...

Потребляемый насосом ток:

Номинальный.....

Фактический.....

**7 Проверка конфигурации меню пользователя (выполнить функцию QUICK TEST):**

Выбор последовательности загрузки.....

Выбор быстрого линейного изменения нагрузки.....

Задержка пуска.....

## Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011

Управление насосом.....

Управление вентиляторами.....

Режим перенастройки уставки.....

Снижение производительности в ночное время.....

### 8 Ввести уставки для пуска холодильной установки

### 9 Рабочие вентили открыты и насос включен:

10 Пуск холодильной установки в режиме “LOCAL ON” (местного управления): .....

### 11 Холодильная установка запущена и работает нормально

12 Замеры температуры, расхода и давления (После того, как холодильная установка проработает некоторое время, достаточное для стабилизации температур и давлений):

Температура воды, поступающей в испаритель.....

Температура воды, выходящей из испарителя.....

Давление воды на выходе из испарителя = .....(кПа)

Падение давления воды (давление на входе – давление на выходе) = .....(кПа)

Расход воды (в л/с) = .....

Номинальный расход воды (в л/с) = .....

Расход воды (л/с) выше минимально допустимого расхода чиллера = .....

Расход воды (л/с) соответствует заданной в спецификации величине = .....

Температура окружающей среды.....

Давление всасывания контура А.....

Давление всасывания контура В.....

Давление нагнетания контура А.....

Давление нагнетания контура В.....

Температура всасывания контура А.....

Температура всасывания контура В.....

Температура нагнетания контура А.....

Температура нагнетания контура В.....

Температура в жидкостной линии контура А.....

Температура в жидкостной линии контура В.....

Давление воды на входе в испаритель = ..... (кПа)

### 11 Проверка асимметрии фаз по силе тока:

1-ая – 2-ая ..... 2-ая – 3-ья..... 1-ая – 3-ья.....

Средняя сила тока = .....

Максимальное отклонение от среднего значения = .....

Номинальная сила тока = ..... (см. инструкции по установке)

Асимметрия фаз менее .....

Сила тока не выходит за номинальный диапазон силы тока .....

### ПРИМЕЧАНИЯ:

**Приложение Г**

(обязательное)

**П А С П О Р Т**

**системы отопления, теплоснабжения и холодоснабжения**

Наименование \_\_\_\_\_

Адрес \_\_\_\_\_

Зона, цех, помещения \_\_\_\_\_

**Г.1 Общие сведения**

1 Назначение системы \_\_\_\_\_

2 Местонахождение оборудования системы \_\_\_\_\_

**Г.2 Основные технические характеристики оборудования**

**1 Холодильная установка**

| Данные     | Модель | № | Производительность, кВт | Холодильный агент | PS,<br>(данные по давлению), Па | TS,<br>(данные по температуре), °C |
|------------|--------|---|-------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| По проекту |        |   |                         |                   |                                 |                                    |
| Фактически |        |   |                         |                   |                                 |                                    |

Примечание – \_\_\_\_\_

**2 Насос**

| Данные     | Тип | № | Поддача, л/с | Напор, Па | Мощность, кВт | Частота вращения с <sup>-1</sup> |
|------------|-----|---|--------------|-----------|---------------|----------------------------------|
| По проекту |     |   |              |           |               |                                  |
| Фактически |     |   |              |           |               |                                  |

Примечание – \_\_\_\_\_

**3 Дополнительное оборудование**

**РНОСТРОЙ 2.15.4-2011**

| Данные     | Тип или модель | № | Производительность | Схема | Вид | Параметры |
|------------|----------------|---|--------------------|-------|-----|-----------|
| По проекту |                |   |                    |       |     |           |
| Фактически |                |   |                    |       |     |           |
|            |                |   |                    |       |     |           |
|            |                |   |                    |       |     |           |

Примечание – -----

**Г.3 Расход холодоносителя по сети**

| № п/п | № участка трубопровода | Наименование холодоносителя | Расход холодоносителя м <sup>3</sup> /ч |      | Отклонения % | Примечание |
|-------|------------------------|-----------------------------|---|------|--------------|------------|
|       |                        |                             | проект                                  | факт |              |            |
| 1     | 2                      | 3                           | 4                                       | 5    | 6            | 7          |
|       |                        |                             |   |      |              |            |
|       |                        |                             |   |      |              |            |
|       |                        |                             |   |      |              |            |
|       |                        |                             |   |      |              |            |
|       |                        |                             |   |      |              |            |

Заключение – -----

**Г.4 Аксонометрическая схема трубопроводов системы холодоснабжения**

**Г.5 Таблица настройки балансировочных клапанов**

| Индекс<br>(номер)<br>потребителя<br>холода | Тип<br>балансировочного<br>клапана, диаметр,<br>мм | Проектный<br>расход<br>холодоносит<br>еля, м3/ч | Окончательн<br>ый расход<br>холодоносит<br>еля, м3/ч | Настройка<br>(число<br>оборотов<br>шпинделя)<br>балансиров<br>очного<br>клапана | Примечан<br>ие |
|--|--|---|--|---|----------------|
|  |  |   |  |   |                |
|  |  |   |  |   |                |
|  |  |   |  |   |                |
|  |  |   |  |   |                |
|  |  |   |  |   |                |

**Г.6 Выводы:**

Выводы:

В соответствии с СП 73.13330, отклонение показателей по расходу холодоносителя от предусмотренных проектом допускается  $\pm 10\%$ .

Система работает удовлетворительно.

**Приложение Д**  
**(обязательное)**

**Акт индивидуального испытания оборудования и узлов системы  
холодоснабжения**

выполненного в \_\_\_\_\_  
(наименование объекта строительства, здания, цеха)

г. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

Комиссия в составе представителей:

Заказчика \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, инициалы, фамилия)

генерального подрядчика \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, инициалы, фамилия)

наладочной организации \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, инициалы, фамилия)

составили настоящий акт о нижеследующем:

1 \_\_\_\_\_  
(холодильные установки, насосные станции, градирни, охладители, теплообменники,  
расширительные

\_\_\_\_\_

баки, предохранительные клапана (системы холодоснабжения))

\_\_\_\_\_

(указываются номера систем)

прошли обкатку в течение \_\_\_\_ часов согласно техническим условиям, паспорту.

2 В результате обкатки указанного оборудования установлено, что требования по его сборке и монтажу, приведенные в документации предприятий-изготовителей, соблюдены и неисправности в его работе не обнаружены.

Представители:

Заказчика \_\_\_\_\_

Генерального подрядчика \_\_\_\_\_

Наладочной организации \_\_\_\_\_

**Приложение Е**

(рекомендуемое)

**Допустимая скорость движения воды в трубопроводах систем отопления,  
м/с**

| Нормируемый спектр звукового давления в помещении L, дБ(А) | Диафрагмы шаровые и трехходовые клапана                                      |   |    |    |    |    |    |    | Расположение вентиля |    |    |    |    |    |  |
|--|--|---|----|----|----|----|----|----|----------------------|----|----|----|----|----|--|
|  | Коэффициенты местного сопротивления при полностью открытом проходном сечении |   |    |    |    |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
|  | 2  | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 10                   | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |  |
|  |  |   |    |    |    |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
|  |  |   |    |    |    |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
|  |  |   |    |    |    |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |

Приложение Ж

(справочное)

Таблица гидравлического расчета трубопроводов отопления

| Номер<br>расчетн<br>ого<br>участка | Диаметр<br>трубопро<br>вода, мм | Длина<br>участка,<br>м | Расход<br>воды на<br>участке,<br>м <sup>3</sup> /ч | Удельные<br>потери<br>напора на<br>участке,<br>мм вод.ст. | Суммарны<br>е потери<br>напора на<br>участке,<br>мм вод.ст. | Потери напора, м вод.ст.       |                                 |       | Расчетный<br>располага<br>емый<br>напор, м<br>вод.ст. |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------|--|---|---|--------------------------------|---------------------------------|-------|---|
|                                    |                                 |                        |  |   |   | подащи<br>й<br>трубоп<br>ровод | обратн<br>ый<br>трубоп<br>ровод | Общие |   |
| 1                                  | 2                               | 3                      | 4  | 5   | 6   | 7                              | 8                               | 9     | 10  |
|                                    |                                 |                        |  |   |   |                                |                                 |       |   |
|                                    |                                 |                        |  |   |   |                                |                                 |       |   |
|                                    |                                 |                        |  |   |   |                                |                                 |       |   |

## Приложение И

(справочное)

Диаметры отверстий дроссельных диафрагм местных систем  
теплотребления

| №<br>п/п | Номер ветви,<br>ответвления, стояка,<br>установки и прибора<br>по расчетной схеме | Наименование<br>установки | Расчетный расход<br>воды $G_p$ , т/ч | Располагаемый напор<br>перед установкой $H_p$ ,<br>м вод.ст. | Сопротивление<br>установки<br>$\Delta h$ , м вод.ст. | Дросселируемый<br>напор $H_d$ , м вод.ст. | Диаметр отверстия<br>диафрагмы, $d_o$ , мм | Диаметр *<br>трубопровода<br>$D_v$ , мм |
|----------|---|---------------------------|--------------------------------------|--|--|---|--|---|
|          |   |                           |                                      |  |  |   |  |   |
|          |   |                           |                                      |  |  |   |  |   |
|          |   |                           |                                      |  |  |   |  |   |

**Приложение К**  
(рекомендуемое)

**Содержание отчета «Технический отчет по наладке системы отопления  
(теплоснабжения, холодоснабжения)»**

- 1 Общая часть
- 2 Краткая характеристика здания (цеха) и системы
- 3 Результаты испытаний.
- 5 Выводы и рекомендуемые мероприятия.
- 6 Чертежи:
  - планы помещений (цеха) с нанесением системы;
  - аксонометрическая схема трубопроводов системы.
- 7 Таблицы:
  - характеристика отопительного (теплового, холодильного) оборудования;
  - регламент предпусковых и пусковых контрольных проверок холодильной установки №\_\_\_\_\_
  - результат наладки насоса;
  - результат настройки расширительных баков;
  - результат настройки предохранительных клапанов;
  - результат настройки балансировочных вентилей.

**П р и м е ч а н и е** – Если объем материала, вносимого в таблицу, не превышает 5 строк, то материал можно излагать без оформления таблицы.

- 8 Краткие указания по эксплуатации оборудования по результатам наладки системы отопления (теплоснабжения, холодоснабжения).

**Библиография**

- [1] Гражданский кодекс Российской Федерации
- [2] ТУ 25-7310.0063-87 Манометры дифференциальные  
сильфонные ДСП и ДСС
- [3] СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Санитарные нормы. Производственная  
вибрация, вибрация в помещении жилых и  
общественных зданий.
- [4] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях  
жилых, общественных зданий и  
территорий жилой застройки
- [5] Кирилов П.Л. и др. «Справочник по теплогидравлическим  
расчетам», М. Энергоиздат, 1984
- [6] ПБ 10-115-96 Правила устройства и безопасной  
эксплуатации сосудов, работающих под  
давлением. Утверждены Постановлением  
Госгортехнадзора России от 18 апреля 1995  
г. № 20 и изменены Постановлением  
Госгортехнадзора России от  
2 сентября 1997 г. № 25
- [7] ДСП-160-М1 Дифманометр сильфонный показывающий
- [8] ТУ25-05-1664-74 Манометры и вакуумметры  
деформационные образцовые с условными  
шкалами типов МО и ВО

**Р НОСТРОЙ 2.15.4-2011**

ОКС 15.2, 15.4, 18.3

Ключевые слова: стандарт организации, Национальное объединение строителей, инженерные сети зданий и сооружений внутренние, холодоснабжение, кондиционирование, испытание и регулировка, наладка.