

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

краткий курс лекций

для студентов 4 курса

Направление подготовки
270800.62 Строительство

Профиль подготовки
Строительство

Саратов 2013

УДК 628.238:697.34

ББК38.762:31.38

Г95

Рецензенты:

Доцент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция, водообеспечение и прикладная гидрогазодинамика», кандидат технических наук
Саратовского архитектурно-дорожного института

Э.М. Малая

Профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности», доктор технических наук
ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»

А.И. Дементьев

Г95 **Эксплуатация систем теплоснабжения и вентиляции:** краткий курс лекций для студентов 4 курса специальности (направления подготовки) 270800.62 «Строительство» / Сост.: М.Ю. Гурьянова// ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2013. – с.

Краткий курс лекций по дисциплине «Эксплуатация систем теплоснабжения и вентиляции» составлен в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначен для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство». Краткий курс лекций содержит теоретический материал по эксплуатации систем теплоснабжения, отопления и вентиляции. Направлен на формирование у студентов знаний в области наладки, испытания и обслуживания инженерных систем теплоснабжения, отопления и вентиляции.

УДК 628.238:697.34

ББК 38.762:31.38

© Гурьянова М.Ю., 2013

© ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2013

Введение

Важным фактором в деле оздоровления условий труда и жизнедеятельности в жилых, общественных и производственных зданиях является надлежащая технически грамотная эксплуатация систем теплоснабжения, отопления и вентиляции, которая обеспечивает установленный наладкой стабильный режим. Важный показатель качества эксплуатации инженерных систем – их экономическая эффективность, обуславливающая возможно меньшие эксплуатационные затраты при обеспечении требуемых санитарно-гигиенических условий в помещениях.

Краткий курс лекций по дисциплине «Эксплуатация систем теплоснабжения и вентиляции» предназначен для студентов по направлению подготовки 270800.62 «Строительство». Он раскрывает основные эксплуатационные мероприятия: организационные – разработку структуры службы эксплуатации, планирования, материального снабжения, подготовки и расстановки кадров, техники безопасности и т.д.; технические – выполнение технических операций по эксплуатации систем, а также поддержание необходимых режимов работы систем в зависимости от воздействия внешних и внутренних факторов, технических возможностей оборудования.

Лекция 1

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

1.1. Пуск систем теплоснабжения

Пуск систем теплоснабжения в промышленную эксплуатацию производит пусковая бригада по программе, составленной руководителем приёмной комиссии. В программе содержится пусковая схема сети с описанием плана пуска теплопроводов и расстановки рабочих.

Тепловая сеть разделяется на секционные участки, для которых на пусковой схеме сетей указывается ёмкость, необходимая для расчёта времени заполнения участка, отмечается расположение грязевиков, задвижек на ответвлениях, П – образных и сальниковых компенсаторов, камер с камер с размещёнными в них приборами и дренажной арматурой, неподвижных опор. В плане пуска сетей указывается очерёдность и правила заполнения секционных участков, а так же продолжительность выдержки давления в различные периоды.

Пуск водяных тепловых сетей начинается с наполнения секционного участка водопроводной водой, нагнетаемой в обратную магистраль под напором подпиточного насоса. В тёплое время года сети наполняются холодной водой. При температуре наружного воздуха ниже +1 °С во избежание замерзания воды рекомендуется нагревать её до 50 °С.

Сначала заполняется обратная магистраль при закрытии всех спускных кранов и задвижек на ответвлениях и открытии воздушников. При появлении в воздушниках воды без пузырьков воздушные краны закрывают, затем периодическим открыванием (через 2-3 мин) воздушников производится выпуск скоплений воздуха. После заполнения обратной магистрали производится аналогично заполнение подающего трубопровода секции.

Затем производится опрессовка на плотность и прочность. После испытания прочности системы делают промывку трубопроводов от грязи, окалины и шлама. Промывку производят в две стадии: черновую и чистовую. Черновая промывка осуществляется при подключении трубопроводов в водопроводной линии с давлением 0,4 МПа. При этом удаляются лёгкие взвеси через открытые дренажи. Полное удаление всех загрязнений производится чистовой промывкой водой из городского водопровода, нагнетаемой в трубопроводы со скоростью 3-7 м/с сетевыми насосами.

Для сокращения расходов промывочной воды и улучшение чистоты труб применяется гидropневматическая промывка, которая осуществляется нагнетанием в воду сжатого до 0,3 МПа воздуха через несколько дренажных устройств.

Промывка ведётся до полного осветления воды. В конце чистовой промывки сети заполняют химически очищенной водой. Сети с открытым водоразбором перед заполнением сетевой водой подвергаются дополнительной санитарной обработке с добавлением в воду активного хлора. Затем вода спускается и сеть подвергается повторной промывке водой, нагретой до 70 °С.

После некоторого периода циркуляции воды, необходимого для проверки состояния компенсаторов, опор, арматуры, производится подключение подогревателей для нагрева сетей. Скорость разогрева воды в подающем трубопроводе не должна превышать 30⁰С в час. За время разогрева сети ведётся надзор за работой компенсаторов, состоянием теплоизоляции, за перемещением опор и устраняются дефекты.

Затем производится 72-часовая контрольная эксплуатация, во время которой продолжается периодический выброс воздуха через все воздушники. Если во время контрольной эксплуатации не будут обнаружены нарушения работы, сеть сдаётся в постоянную эксплуатацию.

При *пуске паропроводов* пускаются вначале магистральные участки, затем поочерёдно ответвления. Пуск начинают с гидравлической опрессовки на прочность и плотность. Сливая опрессовочную воду, производят черновую промывку паропроводов. Чистовую промывку ведут продувкой паром, предварительно прогрев паропроводы для предотвращения конденсации и гидравлических ударов. Прогрев начинают медленным открытием головных задвижек на ТЭЦ. Небольшой расход пара в начале подогрева предупреждает захват конденсата паром, ведущий к гидравлическим ударам, а так же предупреждает деформацию трубопровода, т.к. в наполняемом паропроводе в первую очередь нагревается верхняя часть трубы, которая стремится изогнуть трубопровод дугой кверху. Когда из пусковых дренажей появляется сухой пар, дренажи закрываются и прогрев считается завершённым. Затем паропровод выдерживают под небольшим избыточным давлением для проверки состояния трубопроводов и ликвидации дефектов. Для захвата оставшихся частиц грязи, окалины производят впуск пара с максимальной скоростью. Остаточные загрязнения удаляются через продувочные штуцера или концевые задвижки.

Для сокращения расхода пара на очистку труб от окислов железа через воздушники на головном участке трубопровода вводится каустик (1% раствор едкого натра) в период прогрева трубопровода. После продувки паропровод переводится на расчётный режим.

Пуск тепловых пунктов. Тепловые пункты отключаются от тепловой сети путём закрытия входной арматуры. Затем проводят проверку плотности и прочности оборудования и теплопроводов путём гидравлической опрессовки.

После гидравлического испытания тепловой пункт вместе с местной системой промывают водопроводной водой до полного осветления и затем воду сливают полностью.

Заполняют тепловые пункты сетевой водой по пусковому графику. Заполнение начинается плавным открытием запорной арматуры на обратном трубопроводе до появления воды в воздушных кранах, после чего их закрывают и медленно открывают запорную арматуру на подающем трубопроводе. Наполнение местных систем через обратный трубопровод предотвращает разрушение радиаторов высоким давлением воды в подающем трубопроводе.

1.2. Испытания тепловых сетей

Испытания тепловых сетей разделяются на пусковые и эксплуатационные. Пусковые испытания проводят после строительства новых или капитального ремонта старых сетей и служит для определения годности сетей к эксплуатации. Эксплуатационными испытаниями определяется допустимое изменение различных характеристик тепловых сетей, т.к. в процессе эксплуатации в трубах и оборудовании накапливается шлам, трубопроводы корродируют, защитные свойства тепловой изоляции изменяются.

Испытания тепловых сетей разделяются на опрессовку, гидравлические и тепловые испытания и испытания на максимальную температуру теплоносителя.

Опрессовка предназначена для определения плотности и прочности трубопроводов, арматуры и оборудования и проводится в два этапа: предварительная и окончательная.

Предварительная опрессовка служит для проверки прочности сварки под избыточным давлением 1,6 МПа в течении времени, необходимого для осмотра и простукивания стыков. Она выполняется по мере окончания работ короткими участками до установки на трубопроводах сальниковых компенсаторов и до закрытия каналов или засыпки траншей.

Окончательная опрессовка проводится после окончания всех работ и установки на трубопроводах всех элементов оборудования, но до наложения тепловой изоляции. Избыточное давление на подающих трубопроводах устанавливается $1,25 P_{\text{раб}}$ ($P_{\text{раб}}$ – рабочее давление), но не менее 1,6 МПа и 1,2 МПа в обратных трубопроводах. Окончательная опрессовка выполняется при отключенных тепловых пунктах под избыточным давлением, создаваемым насосом. Циркуляция воды осуществляется через открытые концевые переключки.

Опрессовку сетей, доступных осмотру во время эксплуатации, производят за один раз после завершения всех работ. Испытания проводят в тёплое время года. Если температура ниже $+1^{\circ}\text{C}$ опрессовку проводят с подогревом воды до 50°C .

Опрессовку оборудования тепловых пунктов совместно с местными системами проводят в два этапа. Вначале система под напором опрессовочных насосов заполняется водой из городского водопровода до величины рабочего давления. Проверяется плотность сварных и фланцевых соединений оборудования, арматуры и трубопроводов. Затем избыточное давление доводится до $1,25 P_{\text{раб}}$, но не ниже норм, установленных для каждого вида оборудования. Продолжительность испытания не менее 10 минут.

Результаты испытаний сетей и тепловых пунктов считаются удовлетворительными, если во время их проведения не обнаруживается падения давления свыше установленных пределов, а в сварных швах, фланцевых соединениях и арматуре отсутствуют течи и разрывы. При обнаружении повреждений вода сливается, дефектные швы вырубаются и перевариваются, устраняются не плотности, после чего опрессовку повторяют.

Действующие тепловые сети опрессовываются ежегодно в конце отопительного сезона.

Гидравлические испытания служат для определения фактических гидравлических характеристик сети. При гидравлических испытаниях одновременно измеряют давление, расход и температуру теплоносителя в характерных точках сети (места изменения диаметров, расходов воды, сетевые перемычки). В контрольных точках устанавливают манометры, ртутные термометры и измерительные диафрагмы.

Потери давления на исследуемых участках рассчитываются по формуле

$$\Delta P = (P_1 - P_2) + 9,81(Z_1 - Z_2)\rho,$$

где P_1 и P_2 – показания манометров в начале и в конце участка, Па;

Z_1 и Z_2 – геодезические отметки в точках расположения манометров, м;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³.

По данным замеров давления в подающем и обратном трубопроводах строят действительный график нагрузок, а по расходам воды на участках определяют расчётный график давления. При сравнении действительного и расчётного графиков устанавливают наличие засорённых участков, изменение коэффициентов трения на участках.

При определении коэффициента трения:

1. Определяют суммарные потери давления на участке

$$\Delta P = P_1 - P_2$$

2. Потери давления на местные сопротивления определяют по формуле

$$\Delta P_m = \sum \zeta \cdot \frac{0,638 \cdot G^2 \cdot 9,81}{100 \cdot d^4 \cdot \rho},$$

где $\sum \zeta$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений;

G – расход воды на участке, м³/ч;

d – внутренний диаметр трубопровода, м;

ρ – плотность воды, кг/м³, определяется по среднему значению температуры воды на участке.

3. Линейные потери давления (по длине)

$$\Delta P_l = \Delta P - \Delta P_m$$

4. Коэффициент гидравлического трения или коэффициент сопротивления

$$\lambda = 1,57 \cdot 10^8 \cdot \frac{\Delta P_l \cdot d^5}{9,81 \cdot \rho \cdot G^2 \cdot l}$$

5. Абсолютная эквивалентная шероховатость

$$\lg k = \lg r - 0,5 \cdot \sqrt{1/\lambda} + 0,87,$$

где r – внутренний радиус трубопровода, мм.

6. Поправочный коэффициент β к величине удельных потерь давления определяют соотношением коэффициентов гидравлического трения испытываемых трубопроводов и трубопроводов, которые не находились в эксплуатации (с коэффициентом шероховатости $k = 0,5$ мм).

Тепловые испытания проводят с целью определения фактических потерь тепла в сетях, мест нарушения тепловой изоляции. Испытания проводят в конце отопительного

периода, когда вся конструкция теплопровода и прилегающий грунт прогреются равномерно, что гарантирует получение стабильных результатов.

Во время испытаний замеряют расходы и температуры теплоносителя в начале и конце исследуемого участка подающего и обратного трубопроводов. Устанавливают устойчивый режим циркуляции и снимают несколько показаний через 10 мин.

Фактические удельные потери тепла определяются по формулам

$$q_{\phi_1} = \frac{c(G_1 - 0,25G_{\text{п}})(\tau_{11} - \tau_{12})}{3600 \cdot l}$$
$$q_{\phi_2} = \frac{c(G_1 - 0,75G_{\text{п}})(\tau_{21} - \tau_{22})}{3600 \cdot l}$$

где $q_{\phi_1}; q_{\phi_2}$ - фактические удельные потери тепла в подающем и обратном трубопроводах, кВт/м;

G_1 и $G_{\text{п}}$ - усреднённые расходы сетевой воды соответственно в подающем трубопроводе и подпиточной воды, кг/ч;

τ_{11}, τ_{12} - усреднённые температуры воды в начале и в конце подающего трубопровода, °С;

τ_{21}, τ_{22} - усреднённые температуры воды в начале и в конце обратного трубопровода;

l - длина участка, м;

c - теплоёмкость, кДж/кг·°С.

Для сопоставления с нормативными потерями фактические тепловые потери пересчитываются по среднегодовым температурам воды в подающем и обратном трубопроводах и среднегодовой температуре окружающей среды.

Далее сравнивают фактические теплотери с расчётными и устанавливают качество изоляции.

Тепловые и гидравлические испытания проводят через 3-4 года.

Тепловые потери паропроводов определяют по изменению энтальпии, влажности пара и количеству конденсата.

Испытания на максимальную температуру теплоносителя проводят с целью контроля надёжности конструкции, проверки работы компенсаторов, смещения опор, определение действительных напряжений и деформаций наиболее нагруженных элементов сети. Данные испытания используют для оценки степени старения металла. Испытания проводят раз в два года в конце отопительного сезона при отключённых потребителях с циркуляцией теплоносителя через концевые переключки. В период испытания температура теплоносителя повышается со скоростью 30°С в час, в концевых точках сети максимальная температура выдерживается не менее 30 минут.

По мере разогрева трубопроводов замеряют перемещения фиксированных точек на трубах, плеч П-образных и стаканов сальниковых компенсаторов. Фактические перемещения сравнивают с расчётными и по ним устанавливают действительные тепловые напряжения в характерных точках. Разность расчётных и фактических удлинений не должна превышать 25% расчётного удлинения, в противном случае нужно искать места заземления труб, просадки или сдвига неподвижных опор и т.д.

1.3. Наладка систем теплоснабжения

Задачей наладки является обеспечение бесперебойного приготовления тепла при всех режимах нагрузки и установление максимального соотношения между выработкой тепла и его потреблением.

При наладке режимов теплоснабжения необходимо учитывать, что при большой протяжённости сетей потребители вблизи станций начинают получать тепло значительно раньше дальних потребителей. В этих случаях для предотвращения перерасхода тепла у головных потребителей и нехватки тепла у конечных потребителей центральное регулирование должно корректироваться местным регулированием. Начало местного регулирования в различных сетевых районах координируется диспетчером ЦДП.

Продолжительность движения теплоносителя до характерных точек сети определяется при наладке. Наладка после строительства новых или ремонта действующих сетей называется пусковой. Пусковая наладка необходима для обеспечения расчётного распределения теплоносителя в многочисленных ответвлениях. Во время эксплуатации сетей наладка применяется с целью улучшения режимов потребления.

Если на вводах имеются автоматические регуляторы, задача пусковой наладки сводится к настройке регуляторов расхода на пропуск расчётных расходов воды или расчётном гидравлическом режиме сетей. При отсутствии абонентских регуляторов наладку производят следующими методами: программным, методом сопротивлений, методом нормальных расходов.

Программный метод предусматривает наладку режимов путём последовательного подключения потребителей к сети. Для каждого абонента устанавливается определённый пусковой расход воды. Величина расхода зависит от числа подключаемых абонентов, нормы расхода воды каждым потребителем и очередности их подключения к сетям. Пусковые расходы на вводе рассчитываются из условия заполнения сетей расчётным расходом воды и отключения от сетей абонентов, подлежащих более позднему включению. По мере включения последующих абонентов пусковые расходы на каждом вводе постепенно снижаются и после включения последнего абонента у всех потребителей устанавливаются нормальные расчётные расходы воды. Программный метод пускового регулирования при большом числе потребителей неудобен из-за сложности расчёта программы и длительности выполнения наладочных операций, поэтому его применяют для небольших тепловых сетей.

Пусковое регулирование по *методу сопротивлений* состоит в настройке на каждом абонентском вводе расчётного сопротивления, соответствующего расчётному режиму эксплуатации. Расчётное сопротивление вводов определяется по пьезометрическому графику, построенному по расчётным расходам воды. При регулировании проверяют соответствие фактического сопротивления ввода расчётным значениям. Несоответствие устраняют наладкой. Этот метод применяют для пускового

регулирования с любым числом потребителей при любой последовательности включения.

Метод *нормальных расходов* применяют для пускового регулирования водяных сетей в тех случаях, когда трудно установить гидравлические характеристики участков сети. Регулирование начинается с установки в магистральных сетях устойчивого расхода воды при постоянном располагаемом напоре сетевого насоса. Циркуляция воды производится через открытые концевые перемычки. Затем последовательным включением каждого абонента, начиная от источника, добиваются нормального расчётного расхода воды на вводе. По мере увеличения числа подключаемых абонентов и изменения расхода воды и напоров в сети производят дополнительную подрегулировку.

1.4. Обслуживание тепловых сетей

В объём работ по обслуживанию тепловых сетей входит:

- поддержание в исправном состоянии всего оборудования, строительных и других конструкций тепловых сетей путём проведения своевременного их осмотра и ремонта;
- наблюдение компенсаторов, опор, арматуры, дренажей, контрольно-измерительной арматуры и других элементов оборудования со своевременным устранением замеченных неисправностей;
- устранение сверх нормативных потерь тепла путём своевременного отключения неработающих участков сети, удаления скапливающейся в камерах воды, своевременного восстановления тепловой изоляции;
- устранение сверхнормативных гидравлических потерь в сети за счёт регулярной промывки и очистки трубопроводов;
- своевременное удаление воздуха через воздушники из теплопроводов и недопущение присоса воздуха путём постоянного поддержания избыточного давления во всех точках сети и системах потребителей;
- принятие мер по предупреждению и ликвидации аварий в сети.

При проверке наружной сети проверяют затяжку болтов всех фланцевых соединений, у сальниковых компенсаторов смазывают движущуюся часть стакана компенсатора маслом с графитом, проверяют состояние дренажных и воздушных кранов и вентилях, выпускают воздух из сети, проверяют состояние контрольно-измерительных приборов (термометры, манометры и др.) и правильность их показаний по контрольным приборам.

Для контроля состояния подземных теплопроводов, теплоизоляционных и строительных конструкций следует периодически производить шурфовки на тепловой сети в соответствии с инструкциями. Число ежегодно проводимых плановых шурфовок устанавливается в зависимости от протяжённости сети, типов прокладки и теплоизоляционных конструкций. На 5 км трассы должно быть не менее одного шурфа. На новых участках сети шурфовки проводятся с третьего года эксплуатации.

Эксплуатационное предприятие должно иметь специальную схему тепловой сети, на которой отмечаются места и результаты шурфовок, места аварийных повреждений и затопления трассы.

Для предупреждения внутренней коррозии трубопроводов подпитку тепловой сети необходимо проводить деаэрированной водой. Содержание кислорода в воде не должно превышать 0,05 мг/кг.

Для систематической проверки внутренней коррозии устанавливаются индикаторы коррозии. Установка индикаторов в контрольных точках и их изъятие производится один раз в год во время профилактического ремонта трассы.

Проводят систематический контроль за утечками теплоносителя по величине подпитки тепловых сетей. Среднечасовая величина утечки за год не должна превышать 0,25% объема воды в трубопроводах и присоединённых к ним систем теплопотребления.

Фактическая среднечасовая утечка теплоносителя за отчётный период определяется:

- для закрытых систем – путём деления всего количества подпиточной воды на число часов нахождения системы в заполненном состоянии;
- для систем с непосредственным водоразбором – как разность величины подпитки и количества воды на горячее водоснабжение потребителей, учтённого приборами за отчётный период

Расчётный часовой расход подпиточной воды, учитывающий возможные колебания утечки в течении года в зависимости от режимных условий работы, принимается равным 0,5% объема воды в системе.

Объём воды в системе может быть определён по удельным величинам.

Диаметр трубы, $D_{\text{усл}}$, мм	Удельный объём воды, $\text{м}^3/\text{км}$
25	0,6
50	1,4
100	8
150	18
200	38
300	75
400	135
500	210 и т.д.

При утечке теплоносителя, превышающей установленные нормы, должны быть приняты меры к обнаружению места утечки и устранению не плотностей.

1.5. Ремонт теплопроводов

Ремонты бывают текущие и капитальные. Текущий ремонт – это комплекс профилактических мероприятий, который проводится обходчиками сетей и дежурными тепловых пунктов в течение всего отопительного периода. Капитальный ремонт служит для восстановления изношенных элементов, замены их на новые или более современные. Ремонт проводится в летнее время. Проверяется работа дренажа,

ремонтируют автоматическую откачку своды из дренажных приемков в камерах, проверяют работу поплавковых датчиков уровня и др. Перечень основных работ, относящихся к текущему и капитальному ремонту тепловых сетей и тепловых пунктов и сроки их проведения, оговариваются соответствующими инструкциями.

Большой объём строительно-монтажных работ при капитальном ремонте сопряжён с длительным простоем оборудования и недовыработкой тепла, поэтому подготовка к ремонту должна вестись заблаговременно. Составляется сетевой график проведения работ, который наиболее полно отражает весь комплекс подготовительных, ремонтных операций и технологию производства работ. Ремонт рекомендуется производить агрегатно-узловым способом, для чего необходима заблаговременная заготовка узлов из новых или прошедших ремонт деталей.

После завершения всех работ проводят испытания и приёмку в эксплуатацию.

1.6. Защита тепловых сетей от коррозии

Борьба с коррозией является одной из важнейших задач службы эксплуатации. Коррозия сокращает срок службы тепловых сетей до 10-15 лет, что составляет около 30% от нормативной продолжительности эксплуатации.

С максимальной скоростью коррозия проходит при температурах 70-85⁰С. Именно при этих температурах большую часть времени работают трубопроводы водяных сетей. Поэтому и наблюдается разница в коррозии подающего и обратного трубопроводов. Продолжительность службы паропроводов, работающих при температурах более 100⁰С – 20-30лет.

Коррозия может быть внутренняя и наружная.

Внутреннюю коррозию вызывает кислород, содержащийся в сетевой воде или конденсате. Кислород попадает в водяные сети в основном с подпиточной водой, а так же через неплотности оборудования. Внутренняя коррозия бывает язвенной и рассредоточенной. При язвенной коррозии на поверхности металла образуются отдельные участки глубоких поражений. Она наблюдается в основном в низших застойных участках трубопроводов, оборудования. Язвенная коррозия приводит к сквозному протравливанию металла. Этот вид коррозии вызывается, в основном, частым отключением теплопроводов для ремонта, т.к. опорожнённые трубопроводы и оборудование некоторое время омываются воздухом.

Если язвенная коррозия поражает непротяжённые участки сети, то рассредоточенная коррозия действует на большой длине. Скорость её меньше, чем у язвенной, но опасность её не менее велика.

Внутренняя коррозия приводит не только к потере металла, но и повышает шероховатость, гидравлические сопротивления, расход энергии на перекачку теплоносителя, уменьшается поперечное сечение труб, коррозионные продукты забивают проходы в отопительные приборы и арматуру и т.д. Для предупреждения язвенной коррозии следует обеспечить полное удаление влаги в отключаемых трубопроводах и оборудовании. Чтобы конденсат не поглощал кислород, следует проводить его сбор и возврат по закрытой схеме. Для предупреждения подсоса воздуха

следует поддерживать избыточное давление не менее 0,05 МПа. Должна быть организована качественная подпитка.

Для замедления коррозии используются ингибиторы, добавляемые в приточную воду, которые создают внутри труб защитные плёнки. Контроль за состоянием внутренних поверхностей трубопроводов осуществляется с помощью индикаторов. Допустимая скорость коррозии не должна превышать 0,05 мм/год.

Наружная коррозия металла является следствием химических или электрохимических реакций, возникающих под воздействием окружающей среды. При химической коррозии металлы вступают в химическое соединение с активными газами и жидкостями из среды. При электрохимической коррозии происходит соприкосновение металла с электролитами, при котором возникает движение электрического тока. Коррозию труб в грунте называют почвенной. Встречается в основном при бесканальной прокладке.

Важным средством защиты является антикоррозионное покрытие. Это силикатное эмалированное покрытие труб, битумные покрытия. При эксплуатации сетей нежелательны резкие снижения расходов теплоносителей, которые ведут к остыванию теплоизоляции и проникновению влаги, которая после восстановления расчётного расхода полностью не удаляется. Профилактические меры должны предусматривать контроль состояния металлических поверхностей, периодическую проверку уровня грунтовых вод.

Электрокоррозию металла вызывает блуждающий электрический потенциал между грунтом и трубопроводом. Источниками блуждающих токов являются трамвайные и железнодорожные пути. Движением блуждающих токов на трубопроводе наводятся катодная и анодная зоны поляризации. Электрохимическая коррозия возникает в анодной зоне стоков электричества.

Средства защиты от блуждающих токов.

Пассивная защита предусматривает увеличение переходного сопротивления между грунтом и трубопроводом, т.е. прокладка сетей вдали от источников рассеивания тока. Допустимое расстояние между теплопроводом и трамвайными путями должно быть не менее 2 м и 10 м для железной дороги. Если необходима более ближняя прокладка используют прокладку в металлических или железобетонных футлярах. Пересечения с рельсами должны выполняться в каналах или футлярах с заглублением не менее 1 м.

К активным способам защиты относятся дренажные, катодные и протекторные устройства. *Дренажная защита* служит для отвода электричества от трубопроводов к источнику тока. Ток у трубопроводов, имеющих повышенный положительный потенциал по сравнению с рельсами, перетекает по электрической цепи к рельсам. При этом разрушения трубопроводов не будет, т.к. ток отводится организованно по цепи. Выпрямитель устраняет обратное движение электричества с рельсов, когда потенциал рельсов становится выше потенциала на трубопроводе.

Катодная защита. При этом виде защиты трубопроводы подключают к отрицательному полюсу постоянного источника тока. Положительный полюс

источника тока соединяют с анодным заземлением. Ток с анодного заземлителя рассеивается в грунте и попадает на трубы, наводя на них катодную полярность. При таком движении электричества разрушается лишь анодное заземление.

Протекторная защита состоит в наложении на защищаемых трубах катодной полярности с помощью протекторов, создающих большой отрицательный потенциал по отношению к грунту. В результате ток от протектора, выполняющего роль анода, рассеивается в грунте, попадая на трубы, наводит на них катодную полярность. Под воздействием стоков электричества разрушается протектор.

Эффективность катодной и протекторной защиты значительно увеличивается с увеличением продольной проводимости защищаемого сооружения. С этой целью в местах установки задвижек, сальниковых компенсаторов делают шунтирующие перемычки. Перемычки необходимы между подающими и обратными трубопроводами для выравнивания разности потенциалов, возникающей в результате неодинакового разогрева металла.

1.7. Водоподготовка для тепловых сетей

Для обеспечения надёжной, долговечной и безаварийной работы системы теплоснабжения необходима качественная подготовка подпиточной воды. В тепловых сетях возникают потери циркулирующей воды в результате утечек и непосредственного водоразбора. Производительность подпиточных устройств на восполнение утечек из-за не плотности системы составляет 1-2% циркулирующей воды. При наличии расхода воды на горячее водоснабжение подпитка в отдельных системах может достигать 40-50% расхода циркулирующей воды.

Для подпитки сети используют водопроводную воду или воду естественных водоёмов. Непосредственное использование этой воды, содержащей большое количество взвешенных частиц, растворённых солей и газов, недопустимо.

При нагреве необработанной воды на поверхностях нагрева подогревателей и в трубопроводах образуются отложения накипи и шлама, которые уменьшают площадь сечения прохода, увеличивают гидравлическое сопротивление системы и уменьшают тепловую мощность установок. Кроме того, растворённые газы вызывают коррозионные повреждения в оборудовании и по всему тракту сетей.

Нормы и качество добавочной и сетевой воды устанавливаются на основании исследований химических процессов, происходящих при нагревании воды, а так же в результате опыта эксплуатации теплофикационных систем различных типов.

Качество подпиточной воды оценивается содержанием: растворимых солей, создающих жёсткость и щёлочность воды; кислорода и углекислого газа, вызывающих коррозию; солей кремниевой кислоты, способствующей выделению шлама.

Для удовлетворения норм вода, используемая для подпитки тепловых сетей, должна быть предварительно обработана. Под обработкой подпиточной воды подразумевается удаление из неё растворённых газов, главным образом кислорода и двуокиси углерода – основных коррозионных агентов, и создание таких условий, при которых соли временной жёсткости, если таковые в воде имеются, не распадались бы в

системе и не вызывали образования накипи и шлама. Для подпитки тепловых сетей должна применяться деаэрированная вода (природная или умягчённая садово-известковым, катионитовым или другим методом) или же вода со стабилизированной жёсткостью.

Умягчение воды. Снижение карбонатной (временной) жёсткости воды, используемой для подпитки тепловых сетей, производится в большинстве случаев в катионитовых фильтрах, т.е. фильтрах, заполненных катионными материалами (сульфоуголь, вофамит Р, эспатит и др.) Только при мягких водах с содержанием карбонатной жёсткости $J_k \leq 1,0$ мг-экв/л применяются более простые методы обработки – термическая стабилизация и последующая фильтрация.

Действующими нормами в открытых системах теплоснабжения допускается обработка подпиточной воды путём её подкисления улучшенной контактной серной кислотой при автоматическом дозировании кислоты и автоматической защите от переокисления воды.

При проходе воды через катионитовые фильтры катионы кальция и магния, растворённые в воде, составляющие основу карбонатной жёсткости, обмениваются на катионы Na, H и NH₄. После катионитовой обработки в воде остаются соли натрия, щёлочь и кислота, которые при нагревании не дают осадка в виде шлама и накипи. Кальций и магний остаются в фильтре на зёрнах катионного вещества и впоследствии выводятся из фильтра при его регенерации.

При обработке воды по схеме Na-катионирование образовавшийся после фильтров карбонат натрия NaHCO₃ распадается при высокой температуре (свыше 150⁰С) на едкий натр (NaOH) на двуокись углерода (CO₂), являющиеся коррозионными агентами. Поэтому Na-катионитовую обработку воды применяют обычно при подогреве сетевой воды (в пароводяных подогревателях) до температуры не выше 150⁰С. Регенерация фильтров производится поваренной солью.

При H-катионировании сильно возрастает в воде концентрация двуокиси углерода, являющейся катализатором коррозии. Для снижения концентрации CO₂ обрабатываемая вода после H-катионитовых фильтров пропускается через декарбонизаторы серной или соляной кислоты.

Деаэрация воды. Внутренняя коррозия стальных трубопроводов вызывается растворёнными в воде газами: кислородом O₂, двуокисью углерода CO₂, а также хлоридами и сульфатами. Особенно высокую коррозионную активность имеет кислород в присутствии углекислоты, которая в этом случае играет роль коррозионного катализатора.

Основным методом удаления из воды растворённых газов является термическая деаэрация. В термических деаэраторах обрабатываемая вода находится в контакте с газопаровой смесью. Взаимодействие между греющим паром и обрабатываемой водой можно организовать двумя способами – распределением потоков воды в паровой среде и распределением пара внутри потока жидкости. Первый способ взаимодействия осуществляется в струйных, плёночных, капельных, насадочных аппаратах. При барботажном способе удельная площадь поверхности контакта фаз на единицу объёма

аппарата значительно (в 5-10раз) больше, чем при других способах, что обеспечивает более глубокую деаэрацию.

При использовании только одного из указанных способов обработки воды деаэратор называют одноступенчатым, при использовании обоих способов – двухступенчатым.

Для обработки подпиточной воды тепловых сетей в зависимости от параметров греющей среды применяются термические деаэраторы атмосферного или вакуумного типа.

Деаэраторы атмосферного типа применяют в паровых котельных. В них греющий пар под давлением, близким к атмосферному (0,11-0,12МПа), нагревает обрабатываемую воду до кипения (102-104⁰С). Выделяемые из воды газы вместе с остатком несконденсировавшегося пара отводится из деаэратора, а деаэрированная вода собирается в баке установки. В водогрейных котельных используют деаэраторы, работающие под вакуумом (0,02-0,03 МПа), соответствующим температуре кипения воды 60-70⁰С.

Вопросы для самоконтроля

1. Пуск водяных тепловых сетей в эксплуатацию.
2. Промывка тепловых сетей.
3. Пуск паровых тепловых сетей.
4. Пуск тепловых пунктов.
5. Виды испытаний тепловых сетей. Опрессовка.
6. Виды испытаний тепловых сетей. Гидравлические испытания.
7. Виды испытаний тепловых сетей. Тепловые испытания.
8. Виды испытаний тепловых сетей. Испытания на максимальную температуру теплоносителя.
9. Наладка систем теплоснабжения. Виды пусковой наладки.
10. Обслуживание тепловых сетей.
11. Ремонт теплопроводов.
12. Виды внутренней коррозии тепловых сетей. Методы защиты.
13. Виды наружной коррозии тепловых сетей. Методы защиты.
14. Обработка подпиточной воды для тепловых сетей.
15. Умягчение воды для подпитки тепловых сетей.
16. Деаэрация воды для подпитки тепловых сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. В.И.Манюк, Я.И.Каплинский, Э.Б.Хиж, А.И.Манюк, В.К.Ильин. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Изд-во: Либроком, 2009.-432 с. - ISBN 978-5-397-00264-6.
2. Б.Т.Бадагуев. Эксплуатация тепловых сетей. Изд-во: Альфа-Пресс, 2012.-

320 с. - ISBN 978-5-94280-580-7.

3. В.М.Боровков, А.А.Калютник, В.В.Сергеев. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей. Изд-во: Академия,2012.-208 с. - ISBN 978-5-7695-9036-8.

4. Б.М.Мадорский. Эксплуатация центральных тепловых пунктов систем отопления и горячего водоснабжения. Изд-во: Оникс, 2012.-169 с. - ISBN 978-5-458-50287-0.
352 с. - ISBN 978-5-222-18169-0.

Дополнительная

1. Пыркoв В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. М., 2007.-252 с.

2. Козин В.Е., Левина Т.А., Марков А.П., Пронина И.Б., Слемзин В.А. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов.- М.: Высш.школа, 1980.- 408 с.

3. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки теплоснабжения. Изд-во «Новости теплоснабжения», 2007.-164 с.

4. Апарцев М.М. Наладка водяных систем центрального теплоснабжения. Справочное пособие. М.: 1983.

5. Правила учёта тепловой энергии и теплоносителя. Изд-во: НЦ ЭНАС, 2012.-56 с. - ISBN 978-5-4248-0063-4.

6. Ю.В.Балабан-Ирменин, В.М.Липовских, А.М.Рубашов. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. Изд-во: Новости теплоснабжения,2008.-288 с. - ISBN 978-5-94296-018-6.

7. М.А.Сурис, В.М.Липовских. Защита трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии. Изд-во: Энергоатомиздат,2003.-216 с. - ISBN 5-283-00773-1.

8. И.В.Семенова, Г.М.Флорианович, А.В.Хорошилов. Коррозия и защита от коррозии. Изд-во: ФИЗМАТЛИТ,2010.-416 с. - ISBN 978-5-9221-1234-5.

9.Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: Учеб.пособие для вузов.- 3-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 1985.-232 с.

Лекция 2

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

2.1. Основные задачи и виды работ при эксплуатации систем отопления

Организационные мероприятия.

Для поддержания нормируемых температур в помещениях следует осуществлять периодический контроль параметров воздуха в них и теплоносителя в системах. Для обеспечения надежности и долговечности работы последних необходимы: систематический осмотр систем с целью выявления неисправностей и своевременного их устранения; техническое обслуживание; планово-предупредительный и капитальный ремонты; резервирование основного оборудования (котлов, насосов, иногда вентиляторов и т. д.); бесперебойное обеспечение систем теплоносителем, электроэнергией, водой; создание необходимых запасов топлива (при теплоснабжении от местных котельных), расходных материалов, инструмента, отдельных узлов и элементов систем автоматического управления и т. п.

Важный показатель качества эксплуатации системы - экономическая эффективность, обуславливающая возможно меньшие эксплуатационные затраты по отоплению при обеспечении требуемых санитарно-гигиенических условий в помещениях.

Эксплуатационные мероприятия можно подразделить на: организационные — разработку структуры службы эксплуатации, планирования, материального снабжения, подготовки и расстановки кадров, техники безопасности и т. д.; технические — выполнение технических операций по эксплуатации систем. К эксплуатационным мероприятиям относится также поддержание необходимых режимов работы систем в зависимости от воздействия внешних и внутренних факторов, технических возможностей оборудования.

Организация эксплуатации систем отопления жилых зданий осуществляется начальником управляющей организации или ТСЖ. Непосредственное руководство эксплуатацией ведут техники-смотрители зданий; мероприятия по обслуживанию систем выполняют рабочие текущего ремонта, а при наличии котельной — операторы при газовой котельной.

В общественных зданиях эксплуатацию систем отопления осуществляет служба эксплуатации в составе инженера (техника) и слесарей-сантехников. На промышленных предприятиях эта служба подчиняется главному энергетiku (главному механику) предприятия. В состав ее вводится теплотехник, осуществляющий руководство эксплуатацией центральных систем отопления.

Для учета и систематизации технического контроля за состоянием отопительной системы необходима следующая документация: паспорт системы; журнал учета работы системы (в котельных сменный или вахтенный журнал); оперативный журнал; журнал заявок на устранение дефектов; инструкции по эксплуатации, утвержденные администрацией.

Паспорт является технической характеристикой системы. Он составляется монтажной или пусконаладочной организацией по данным пусковых испытаний. В него заносятся технические характеристики системы и комплектующего оборудования по проекту и фактическим показателям. К паспорту системы должны прилагаться паспорта основного промышленного оборудования. В процессе эксплуатации, а также после капитального ремонта в паспорте указываются произведенные изменения.

Журнал учета работы системы заполняется ежедневно. В него через установленные инструкцией по эксплуатации интервалы заносятся показания контрольно-измерительных приборов (манометров, термометров и пр.) и показания водомера, расходы воды. Здесь же указывается время включения и выключения насосов и другого отопительного оборудования.

Оперативный журнал служит для регистрации выявленных неисправностей и отметок об их устранении. Здесь отмечаются все случаи прекращения работы систем, причины, их вызвавшие, а также время возобновления работы систем и оборудования.

В журнал заносятся указания представителей теплосети, начальника эксплуатирующей организации и других должностных лиц.

В журнале заявок на устранение дефектов записываются письменные или устные заявки жильцов и других заинтересованных лиц, администрации, указываются даты устранения дефектов.

Инструкция по эксплуатации разрабатывается для обслуживающего и отвечающего за работу систем персонала. В инструкции указывается порядок допуска персонала к работе, приема и сдачи смены, подготовки котла к растопке, наблюдений за работой котла, обычной и аварийной остановки котла, эксплуатации оборудования котельной. В ней приводятся графики температур воды на горячей и обратной магистралях в зависимости от наружной температуры и силы ветра, температурный режим в отапливаемых помещениях, а также методы и способы регулирования теплоотдачи и порядок технического обслуживания оборудования систем отопления, указываются часто встречающиеся неисправности и способы их устранения, даются рекомендации (мероприятия на случай стихийных бедствий, гражданской обороны и т. п.).

Журналы и инструкции должны находиться на рабочем месте (в котельной, тепловом пункте, слесарной мастерской). В котельной и тепловом пункте один экземпляр инструкции должен выдаваться персоналу под расписку.

На рабочих местах следует вывесить тепловую схему котельной, аксонометрические схемы отопления и тепlopункта, а также других потребителей тепла с указанием всех основных тепловых нагрузок и давлений теплоносителя.

Для удобства эксплуатации каждому агрегату или установке присваивается сокращенное обозначение и порядковый номер, например насос Н-6, система П-2 и т. д. Эти обозначения наносятся на поверхности агрегата или установки яркой несмываемой краской. Трубопроводы окрашиваются в определенные цвета: например, в тепловом пункте или котельной подающие трубопроводы окрашиваются в красный цвет, обратные — в зеленый.

2.2. Пуск систем отопления в действие

После окончания монтажа отопительной системы, а также после остановки и ремонта осуществляется пуск системы отопления в действие. Он включает следующие основные операции: подготовку системы к пуску, гидравлическое испытание, промывку системы, подключение ее к теплосети или к котельной, установление циркуляции теплоносителя.

Перед пуском необходимо произвести внешний осмотр системы и установить следующее: соответствие проекту трассировки, диаметров и уклонов, трубопроводов, а также качество окраски и теплоизоляции трубопроводов; наличие, правильность установки и исправность запорно-регулирующей арматуры, воздухоудаляющих устройств, конденсатоотводчиков, грязевиков, элеваторов, обводных линий, подпиточных насосов, контрольно-измерительных приборов и другого оборудования; соответствие проекту типа и количества секций нагревательных приборов, крепление их к трубопроводам. Все обнаруженные при осмотре неисправности заносятся в дефектную ведомость и подлежат устранению.

При отрицательной температуре наружного воздуха подготовка и пуск систем водяного отопления значительно усложняются вследствие опасности замораживания воды в оборудовании. В этих случаях необходимо проведение дополнительных мероприятий: деление системы на самостоятельно опорожняемые и наполняемые ее части путем установки соответствующих кранов и задвижек горячих и обратных магистралей стояков и горизонтальных веток; присоединение дополнительного патрубка большого диаметра к нижней общей точке обратной магистрали для быстрого спуска воды в случае необходимости; тщательная заделка и утепление всех проемов и неплотностей в наружных стенах; закрытие слуховых окон на чердаке (при верхней разводке магистрали); отключение стояков и нагревательных приборов на лестничных клетках и в других помещениях, непосредственно сообщающихся с наружным воздухом; выбор стояков или этажных веток для одновременного наполнения водой и установление четкой последовательности наполнения частей системы; назначение состава пусковой бригады слесарей.

Систему можно наполнять водой под давлением водопроводной сети, а в случае его недостаточности — с помощью ручного насоса и иногда циркуляционного насоса в котельной. В зимнее время систему следует заполнить горячей водой из теплосети, а при теплоснабжении от местной котельной — водой, предварительно подогретой в котлах. Наполнение системы надо производить плавно, постепенно открывая проходное сечение впускного вентиля или задвижки.

Системы отопления с верхней разводкой наполняются через обратную магистраль для лучшего удаления воздуха; системы с нижней разводкой и П-образными стояками — через подающие и обратные магистрали.

Для контроля за наполнением системы в верхнюю пробку одного из радиаторов на каждом этаже целесообразно устанавливать временный кран. Наблюдение за ходом наполнения и за состоянием системы слесари начинают с нижних этажей. Места, где

обнаружены незначительные течи в соединениях, помечают мелом или устраняют без прекращения наполнения. Крупные дефекты следует ликвидировать возможно быстрее, для чего необходимо приостановить наполнение и понизить уровень стояния воды в системе.

В зданиях высотой более трех этажей после заполнения приборов последнего этажа следует произвести контрольный осмотр оборудования в нижних этажах, так как в соединениях с ростом гидростатического давления может появиться течь.

В процессе наполнения системы производится не менее чем двукратный выпуск воздуха через все воздухоудаляющие устройства (воздухосборники, воздуховыпускные краны и т. д.) до истечения из них струи воды.

В зимнее время при назначении одновременно пускаемых частей системы следует учитывать, что, чем больше стояков одновременно наполняются водой, тем медленнее повышается уровень воды в системе и позднее начинается циркуляция воды. Наиболее опасен пуск систем отопления с верхней разводкой и П-образными стояками, так как в них циркуляция воды возникает только после полного заполнения их водой. В системах с нижней и поэтажной разводками циркуляция воды начинается сразу после заполнения приборов или поэтажных веток, поэтому сначала следует наполнить один-два стояка и установить в них циркуляцию, а затем постепенно наполнять другие группы стояков.

2.3. Гидравлическое испытание системы отопления

Его производят для определения плотности трубопроводов и их соединений. Перед началом испытаний систему целесообразно прогреть до расчетной температуры воды, выдержать при этой температуре в течение суток, затем охладить. Это позволит выявить те дефекты, которые могут возникнуть в соединениях под влиянием температурных удлинений.

При наполнении систем водой для гидравлического испытания следует обратить особое внимание на удаление воздуха из системы, так как при наличии его давление при испытании будет подниматься медленно и создается ложное представление о плотности соединений.

Для гидравлического испытания систему отопления надо изолировать от трубопроводов теплоцентрали или от местной котельной задвижками; все воздуховыпускные краны должны быть перекрыты. Если имеется расширительный бак, то его следует отсоединить, а присоединительные трубопроводы перекрыть заглушками.

Давление в системе создается за счет фактического давления воды в городском водопроводе или специальным гидропрессом. Труба от водопровода (или гидропресса) присоединяется к обратной линии системы. При гидравлических испытаниях следует применять только проверенные манометры с ценой деления шкалы 1 кПа. Величина испытательного давления зависит от вида системы и способа теплоснабжения.

Система отопления считается выдержавшей испытание на плотность, если в течение 5 мин нахождения ее под испытательным давлением падение давления по

манометру не превышает 0,02 МПа. При обнаружении течи в процессе испытания следует опорожнить систему и установить дефекты. Ликвидация течи без спуска воды путем подчеканки недопустима, поскольку таким способом течь может быть устранена только на короткое время.

В зимнее время во избежание замораживания трубопроводов гидравлическое испытание всей системы в целом не производится. При открытой прокладке трубопроводов систему можно принять в эксплуатацию, если в ней в течение двух месяцев не были обнаружены течи. При скрытой прокладке трубопроводов поочередно испытываются только стояки или этажные ветки.

При отсутствии воды для испытаний или необходимости испытания в зимний период можно воспользоваться сжатым воздухом. Для выявления неплотностей в воздух подмешивают дым, или обмазывают места соединений трубопроводов мыльной пеной с незначительным количеством глицерина.

Паровые системы отопления также испытываются водой. Наполнение систем осуществляется через конденсатопровод снизу вверх с обязательным отведением воздуха из системы. Поскольку в верхних точках паровых систем обезвоздушивание не предусматривается, удаление воздуха при гидравлических испытаниях производят через временно ослабленные фланцевые соединения или сгоны на верхних горизонтальных паропроводах. Продолжительность выдерживания под давлением и допустимое падение давления должны быть такими, как в системах водяного отопления. После гидравлического испытания паровая система должна проверяться на плотность путем впуска в систему пара под рабочим давлением. Затем производится осмотр системы, качество сварных швов проверяется простукиванием молотком (масса до 1,5 кг). Система считается плотной, если в швах, трубах, корпусах арматуры не обнаружено признаков разрыва, парения, запотевания. Результаты гидравлических испытаний оформляются актом.

2.4. Промывка систем отопления

После монтажа, а также летом систему отопления необходимо промыть (для удаления грязи и шлака) многократно и быстро спустить воду из систем. Для этого в самой нижней точке системы устанавливают штуцер большого диаметра (80—100 мм), к которому присоединяют трубу или шланг с выводом в канализацию. Более эффективно применение воды со сжатым воздухом для создания в системе бурного (со значительной скоростью) движения воды (барботаж).

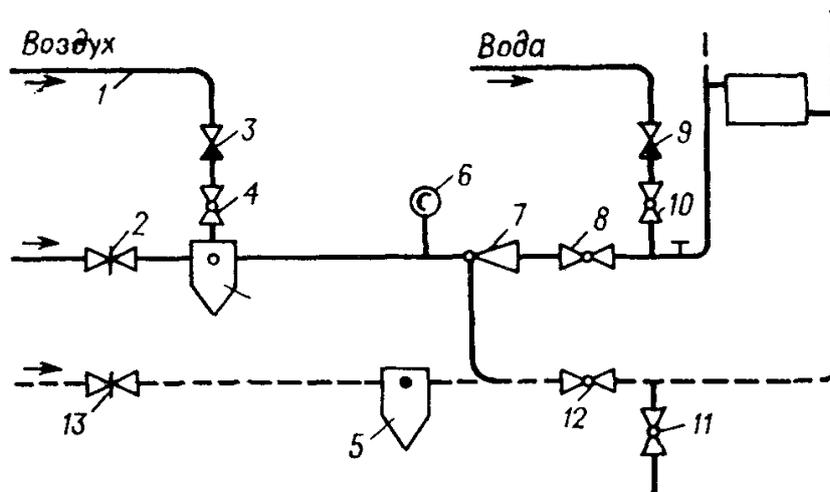


Рис.1. Установка для промывки системы с применением воды и сжатого воздуха

Воздухопровод от компрессора при помощи резинового шланга 1 присоединяется к крану 4, находящемуся у грязевика 5. Обратный клапан 3 предохраняет ресивер компрессора от попадания в него воды, поступающей в систему через кран 10 и обратный клапан 9. Удаление воды осуществляется через спускной кран 11 в низшую точку системы. После заполнения систем водой по шлангу 1 подается воздух с давлением $(2\div 3) \cdot 10^5$ Па и одновременно через открытый кран 10 — вода. Во время промывки краны 8 и 11 должны быть открыты, а задвижки 2 и 13 — закрыты.

2.5. Подключение систем отопления к теплосети

Перед подключением вода, находящаяся в системе, сливается в канализацию, а система наполняется водой из теплосети.

При наполнении системы сетевой водой надо помнить, что неправильное открытие и закрытие задвижек может привести к разрушению системы, в частности чугунных радиаторов. Прикрытые задвижки на обратной линии или закрытые задвижки на подающей линии могут при исполнении вызвать передачу давления выше допустимого на радиаторы.

Следует строго придерживаться следующих правил.

1. При наличии в обратной линии теплосети давления выше гидростатического в местной системе отопления (высота системы) открываются задвижки на обратной линии и производится наполнение системы водой через обратную магистраль; при этом необходимо снять водомер, а на его место вмонтировать участок трубы с фланцами.
2. При наличии в обратной линии давления ниже гидростатического в местной системе наполнение производится в два приема: сначала необходимо подать воду из обратной линии теплосети, затем наполнение продолжать уже из подающей линии теплосети

через подсасывающую линию к элеватору в обратную магистраль. Наполнение следует производить медленно, постоянно наблюдая за манометром.

3. О наполнении системы судят по появлению воды из воздушных кранов, расположенных в верхних точках системы, которые после этого закрывают. Чтобы не поставить систему отопления под полное давление подающей магистрали теплосети, задвижку на подающей магистрали следует закрыть до закрытия верхнего воздушного крана.

После наполнения системы отопления сетевой водой необходимо отрегулировать грузовой предохранительный клапан на максимально допустимое в системе отопления давление.

Спуск воды из системы и наполнение ее сетевой водой должен производить представитель теплосети.

2.6. Установление циркуляции теплоносителя

Контроль за циркуляцией теплоносителя в системе осуществляется по водомеру. Нормальная циркуляция воды достигается при расходе ее из теплосети, соответствующем установленному лимиту.

В системах отопления с принудительным побуждением и с местной котельной циркуляция воды осуществляется циркуляционными насосами. Включив один из них, открывают задвижку на обратном коллекторе, затем на подающем. В гравитационных системах отопления циркуляция воды становится ощутимой при ее прогреве до 30—35°C. В паровых системах отопления пуск пара в систему во избежание гидравлических ударов следует производить, медленно открывая задвижку на паровом коллекторе. После появления пара из воздушных кранов их следует закрыть; появление пара свидетельствует об удалении воздуха из оборудования.

При пуске пара обводные линии у конденсатоотводчиков должны быть открытыми. После прогрева системы их следует закрыть и проверить работу самого конденсатоотводчика. Для этого от него отсоединяют обводную трубу и проверяют, как происходит выпуск конденсата из системы. Если конденсат изливается периодически и в интервалах просачивание воды и пара не наблюдается, то можно сделать вывод о правильности работы конденсатоотводчиков.

В процессе наполнения системы паром и ее прогрева проверяется также действие манометров, редуцированных и предохранительных клапанов, проводится тщательный осмотр всей системы с целью выявления мест течи и пропуска пара.

После монтажа при пуске системы в эксплуатацию производится тепловое ее обследование путем внешнего осмотра. Цель его — выявление и достижение равномерности прогрева всех нагревательных приборов; расчетных параметров теплоносителя в тепловом центре или в местной котельной; отсутствия заметной течи в соединениях; бесшумности работы системы; способности системы поддерживать в помещениях требуемую $t_{в}$. Все замеченные при осмотре недостатки устраняются: при сдаче системы в эксплуатацию — монтажной организацией; при ежегодном пуске системы (или после аварии) — эксплуатационным участком.

2.7. Отогревание замороженных труб и нагревательных приборов

По ряду причин как при пуске систем, так и в эксплуатации трубы и нагревательные приборы могут быть заморожены. Для отогревания оборудования могут использоваться паяльные лампы или газосварочные горелки, угольные жаровни и костры, горячая вода, пар и электрический ток.

Для отогревания труб систем отопления угольные жаровни, костры и пар, как правило, не применяются из-за пожароопасности и затруднительности использования. Паяльные лампы или газосварочные горелки создают высокую температуру и позволяют быстро оттаивать отдельные ледяные пробки даже в трубах значительного диаметра, не требуя их разборки. Однако этот способ также пожароопасен; горючие поверхности при прогреве следует отделять от отогреваемых участков асбестовым листом.

Отогревание оборудования горячей водой осуществляется обертыванием замороженных участков тряпками, смоченными в горячей воде. Этот способ безопасен в пожарном отношении, но требует тщательного сбора и стока воды во избежание увлажнения полов. Для отогревания скрытых трубопроводов следует рекомендовать электропрогрев. Постоянный ток вызывает коррозию труб, поэтому применяется только переменный ток. По условиям техники безопасности его напряжение не должно превышать 60 В. Для снижения напряжения обычно используют электросварочные трансформаторы.

Отогрев стояков или ветвей системы надо начинать снизу, обеспечивая тем самым хотя бы местную циркуляцию воды. Сначала следует отогреть весь стояк, а затем уже нагревательные приборы. Нельзя начинать отогрев с середины замороженного участка, так как образующийся при этом пар может повредить оборудование.

2.8. Виды и порядок технического обслуживания центрального отопления

Эксплуатационное обслуживание и техническое содержание системы в исправном состоянии предполагают контроль за работой и устранение неисправностей, техническое обслуживание оборудования, как в отопительный, так и в летний периоды и своевременную подготовку к зимней эксплуатации.

Дежурный персонал теплового пункта или местной котельной обязан: знать оборудование ввода, теплоцентра, котельной и самой системы отопления, номера элеваторов, диаметры сопел, режимы работы теплосети и системы отопления, лимиты расхода сетевой воды, величину статического давления системы отопления; соблюдать нормальный режим установок, не допускать перерасхода лимита сетевой воды, оперативно выполнять указания обходчика и диспетчера теплосети. Дежурный персонал должен производить по графику обход вводов, колодцев, абонента, системы отопления и горячего водоснабжения, следить за плотностью установок и не допускать утечек воды; осуществлять контроль за отоплением зданий, производить периодические измерения температуры в отапливаемых помещениях; в журнал учета работы в установленные часы заносить показания водомеров (тепломеров),

манометров, термометров; записывать в оперативный журнал все неполадки в работе установок и произведенные исправления, отмечать время отключения и подключения вводов; вести журнал заявок потребителей тепла на ликвидацию неполадок в системах теплоснабжения, делать отметки об их устранении; ликвидировать неполадки и содержать помещения теплоцентра, котельных, проходы в них в порядке и чистоте, не допускать в помещение посторонних лиц; в аварийных случаях отключать трубный ввод в систему отопления и немедленно извещать об этом районное управление теплосети; при повышении давления в обратной трубе теплосети выше допустимого для данной местной системы или при понижении его в подающей трубе до величины гидростатического в системе отопления сообщать об этом диспетчеру теплосети или в районное управление и действовать в соответствии с указаниями; знать и выполнять требования техники безопасности.

При качественном регулировании расход воды остается постоянным при всех режимах работы системы отопления (показания водомера постоянны). При количественно-качественном регулировании расход воды меняется ступенчато в зависимости от наружной температуры.

В начале отопительного сезона должен быть составлен график обхода систем. При этом необходим следующий порядок сезонных осмотров: внутриквартирных устройств — не менее чем 2 раза за отопительный сезон; устройств в чердачных и подвальных помещениях, лестничных клетках, котлов и котельного оборудования, вводов и элеваторных узлов — не менее 6 раз.

Во время обходов проверяют: на чердачных подвальных и подпольных устройствах — наличие или отсутствие течи через сальники задвижек, краны и контргайки сгонов; исправность работы вантузов, теплоизоляцию труб и расширительного бака; в квартирах и других отапливаемых помещениях — температуру воздуха, прогреваемость и исправность нагревательных приборов; в котельных — исправность арматуры котла, предохранительного клапана, насосов, вентиляторов; на вводах — исправность запорной арматуры, контрольно-измерительных приборов, элеватора, предохранительного клапана, различных автоматов и обратных клапанов и др.

Мелкие неисправности устраняют немедленно, а остальные ликвидируют в соответствии с планом текущего ремонта. На дефекты, которые не оказывают существенного влияния на работу отопления, но не могут быть устранены немедленно, составляют дефектную ведомость и устраняют в процессе летнего ремонта.

В летний период, как правило, устраняют все неполадки в системе, отмеченные в дефектных ведомостях. Кроме того, производят проверку крепления всего оборудования; проверку состояния теплоизоляции и в случае необходимости ее ремонт или замену; вскрытие запорно-регулирующей арматуры, очистку от загрязнений, замену сальниковой набивки, опрессовку задвижек; чистку и ремонт воздухоотборников, вантузов, конденсатоотводчиков, элеваторов, грязевиков и другого оборудования; чистку и ремонт водонагревателей и их гидравлическое испытание; чистку насосов, набивку сальников, проверку центровки осей насоса и

электродвигателя, затяжку болтов, чистку и смазку подшипников; снятие контрольноизмерительных приборов и сдачу их на проверку; окраску трубопроводов и оборудования; проверку комплектности запасных частей и оборудования, пополнение запасов расходных материалов.

2.9. Основные причины непрогревов в системах отопления и их устранение

Причины ухудшения работы системы, возникающие при проектировании и монтаже

Отсутствие кранов у нагревательных приборов.

Регулировочные устройства (вентили, краны, дроссельные клапаны) в системах отопления должны устанавливаться с таким расчетом, чтобы можно было обеспечить регулирование теплоотдачи по помещениям. Отсутствие этой арматуры особенно влияет на работу двухтрубной системы водяного отопления с верхней разводкой, так как без нее практически невозможно отрегулировать распределение расчетных расходов воды по приборам.

Если при монтаже системы краны не установлены ни на стояках, ни у приборов, то в первую очередь их следует смонтировать на всех стояках, кроме последнего, и у приборов верхних этажей, в циркуляционных кольцах, в которых возникают значительные гравитационные давления. Двухтрубные системы с нижней разводкой, и особенно однотрубные системы, работают более устойчиво, и отсутствие арматуры у приборов здесь сказывается в меньшей степени.

Неправильная установка запорно-регулирующей арматуры.

При монтаже отопительных систем установка запорно-регулирующей арматуры должна производиться в строгом соответствии с проектом, так как замена одной арматуры другой может привести к значительному изменению сопротивления в циркуляционных кольцах.

При монтаже могут появиться и многие другие, не учтенные расчетом, местные сопротивления: погибы труб, незащищенные заусеницы на их концах и т. п., которые также ухудшают прогреваемость приборов.

Неправильные резьбовые соединения труб.

При излишне длинной резьбе конца трубопровода, ввернутого в тройник, крестовину или кран, этот конец может выступать внутрь фасонной части, что создает значительное сопротивление движению воды.

Такое же явление может иметь место и при ввертывании трубы в кран с чрезмерным усилием. Конец трубы, ослабленный нарезкой, при приложении значительного усилия будет сминаться и, отгибаясь во внутрь, уменьшит сечение трубопровода и тем самым увеличит его сопротивление.

Неправильное присоединение стояков к магистрали.

В системах с нижней разводкой при соединении горячего стояка с обратной магистралью и, наоборот, обратного с горячей, в насосных системах будет иметь место опрокинутая циркуляция воды, что может привести к нарушению или даже полному прекращению теплоотдачи параллельно соединенных приборов.

**Причины ухудшения работы системы,
возникающие в процессе ее эксплуатации**

Воздушные пробки.

В систему отопления воздух попадает вместе с водой и при нагревании выделяется в виде отдельных воздушных скоплений, пузырьков. Так, если при температуре воды 10 °С в 1 м³ воды содержится 32 г воздуха, то при температуре 80 °С его количество снижается до 14 г.

Воздух может попасть в систему также при ее недостаточном заполнении водой (в опорожненную верхнюю часть засасывается через неплотности). При быстром наполнении, когда стояк заполняется раньше, чем большего объема нагревательные приборы, часть воздуха может оставаться в верхней зоне прибора. То же самое происходит при наличии обратного уклона (контруклона) в подводках у нагревательных приборов.

Для нормальной работы системы весь воздух из нее следует удалять в атмосферу, в противном случае он будет скапливаться в верхних зонах труб и приборов, образуя воздушные пробки, нарушающие или вовсе прекращающие на некоторое время циркуляцию воды в системе и вызывающие коррозию стальных труб.

Удаление воздуха из насосных водяных систем производится путем открытия воздушных кранов на трубах воздухоотборников или автоматических вантузов. Установка непроточных воздухоотборников менее эффективна при очень больших скоростях движения воды, в этом случае предпочтение следует отдать проточным воздухоотборникам, где вследствие резкого снижения скорости воды воздух из нее выделяется значительно интенсивнее. Если воздухоотборники непроточные, то их рекомендуется устанавливать на некотором расстоянии (более 500 м) от местных сопротивлений (отводов, ответвлений и т. п.), для того, чтобы возникающие в местных сопротивлениях вихри не мешали выделению воздушных скоплений.

Если открытием воздушных кранов при работающей системе не удастся ликвидировать воздушные скопления (пробки), рекомендуется проделать следующее: остановить насос или перекрыть задвижки на вводе; через 10—15 мин, когда циркуляция воды прекратится и весь воздух в системе займет верхнее положение, открыть воздушные краны и удалить нерастворившийся в воде воздух.

В системах с нижней разводкой и П-образными стояками удаление воздуха производится вывертыванием специальных шурупов, установленных в верхней пробке одного из нагревательных приборов верхних этаже-узлов П-образного стояка.

В гравитационных системах отопления воздух удаляется централизованно через расширительный бак. В насосных системах вода, движущаяся с большой скоростью, увлекает с собой пузырьки воздуха. В связи с этим уклон труб обычно делают навстречу движению воды. Однако и при магистралях с подъемом к расширительному баку удаление из них воздуха может быть надежным и в насосных системах. Такое обезвоздушивание организуется в момент временного (на 5—10 мин) прекращения циркуляции воды (циркуляционные насосы выключаются).

В паровых системах отопления воздух как более плотный газ отжимается паром в нижнюю зону приборов, оборудования и должен удаляться в нижней точке системы (обычно через конденсационный бак). Весьма удобно автоматическое удаление воздуха через воздухоотводчик с сильфоном.

Засоры.

Образуются вследствие попадания в систему песка, строительного мусора, литейной земли из котлов, окалины, застывших капель металла при сварке, остатков подмоточной льняной пряжи и т. п. В результате засоров сужаются или полностью перекрываются проходные сечения, снижается теплопередача нагревательных приборов и другого оборудования.

Наиболее вероятными местами образования засоров являются места изменения направления движения теплоносителя (тройники, крестовины, отводы), установки запорно-регулирующей арматуры, сужения сечений вследствие глубокого ввертывания труб и пробок в тройники и крестовины, а также сечения, где резко снижается скорость движения воды (нагревательные приборы, воздухоотборники).

Во избежание образования засоров необходимо предпринимать профилактические меры как в процессах монтажа и ремонта, так и при эксплуатации. Так, при производстве монтажных и ремонтных работ необходимо следующее: трубы, нагревательные приборы и арматуру складывать в штабеля так, чтобы в них не попал мусор; трубы перед монтажом просматривать на свет, гнутые трубы простучать молотком и удалить из них мусор, а открытые концы стояков затем заглушить деревянными пробками; при сборке чугунных приборов обязательно удалить из них стержневую землю; зачистить заусеницы труб, наматывать лен на резьбу, не перекрывая сечение трубы; при сварке труб убирать из них обрезки электродов и прочие отходы.

Для удаления мусора из системы в тепловом вводе необходимо устанавливать грязевики как на подающей, так и на обратных линиях. Однако в грязевиках улавливаются только частицы мусора, удаляемые водой, поэтому эффективным способом очистки систем от грязи является периодическая промывка тепловых сетей и систем отопления. Промывку надо осуществлять сразу по окончании отопительного сезона (отложения еще рыхлые и легко удаляются).

Неплотности трубопроводов.

Такие дефекты приводят к утечке воды или пара. Неплотности в резьбовых соединениях возникают из-за плохого качества уплотнения или слишком глубокой резьбы, во фланцевых соединениях — вследствие недостаточного или неравномерного затягивания болтов, деформации или недостаточности прокладки, а сварных соединениях - в результате некачественной сварки. Причинами появления неплотностей может оказаться недостаточная компенсация температурных удлинений труб или механические повреждения.

Трещины могут возникнуть при ошибках в технологическом процессе, повреждениях, гидравлических ударах, отсутствии компенсаций температурных

удлинении, замерзании воды, истирании труб о бетон при их температурных деформациях в строительных конструкциях, излишне высоком давлении.

Течи в системах появляются в результате внутренней и внешней коррозии труб, разуплотнения в сальниках и пробках арматуры и т. п. В резьбовых соединениях течи устраняются заменой или добавлением уплотнения, во фланцевых соединениях— равномерным затягиванием болтов крест-накрест. Если подтягивание болтов не дает эффекта, необходимо разобрать и сменить прокладку. Забивание клиньев в подтекающие фланцы не допускается, также как и подчеканка для устранения течи в сварных соединениях. Места течи необходимо подваривать тем же видом сварки, что и основной сварной шов. Нередко единственно правильным оказывается вырубка шва и замена его новым.

Течи в проржавевших трубах устраняются постановкой временных стяжных хомутов; в летний период неисправные участки труб должны заменяться новыми. Все участки с временными хомутами считаются аварийными, за ними следует вести постоянное наблюдение. Значительные трещины в трубах перекрывают накладками на сварке из листовой стали толщиной не менее 4 мм, а узкие длинные трещины заваривают сплошным швом. Трубы, проходящие через строительные конструкции, должны прокладываться в стальной гильзе.

Удобным и надежным способом для обнаружения засоров (или воздуха) в закрытом оборудовании (трубе, нагревательном приборе и т. д.) служит радиометрический. Он основан на принципе количественного изменения пропускания гамма-лучей при прохождении их через сечение трубы, секции радиатора и т. д. в случае наличия в них засоров, нерастворенного воздуха по сравнению с показателями для участков, где они отсутствуют.

Ликвидацию скрытых непрогревов в панельных системах отопления рекомендуется производить интенсивной промывкой сначала всего стояка, а затем уже непрогревающегося прибора. Только в крайнем случае, если промывка не помогает, приходится вырубать бетон у поверхности панели, вырезать нагревательный элемент, заменять его, а разрушенный бетон после опрессовки нагревательного прибора восстанавливать. В паровых системах отопления могут также наблюдаться случаи непрогрева стояков и нагревательных приборов. Основные причины непрогревов: поступление в конденсатопровод пара, который препятствует выходу конденсата из соседних стояков или приборов; недостаточная теплоизоляция паропроводов; образование засоров и дополнительных сопротивлений, воздушных и водяных пробок в магистралях и подводках к приборам и др.

Вопросы для самоконтроля

1. Задачи и организация службы эксплуатации систем центрального отопления.
2. Пуск систем отопления в действие.
3. Гидравлические испытания систем отопления.
4. Общие принципы промывки отопительных систем.

5. Подключение систем отопления к тепловой сети и установление циркуляции теплоносителя.
6. Отогревание замороженных труб и нагревательных приборов.
7. Основные причины непрогревов в системах отопления и их устранение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Е.А. Штокман, Т.А. Скорик. Основы отопления и вентиляции. Изд-во: Феникс, 2011.- 352 с. - ISBN 978-5-222-18169-0.
2. В.М.Свистунов, Н.К.Пушняков. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. Изд-во: Политехника, 2010.-432 с. - ISBN 978-5-7325-0941-0.

Дополнительная

1. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов/В.М. Гусев, Н.И. Ковалев, В.П. Попов, В.А. Потрошков, под ред В.М. Гусева.- Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1981.-343 с.

Лекция 3

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

3.1. Задачи эксплуатационной службы

Надежность, долговечность, экономичность и эффективность работы систем вентиляции и воздушного отопления в значительной степени определяются правильной эксплуатацией действующих систем и комплектующего оборудования. В связи с этим перед службой эксплуатации ставятся следующие основные задачи:

- 1) определение эффективности работы вентиляции путем измерения параметров воздушного потока в системах и в помещениях;
- 2) проведение испытаний и регулировок вентиляционных установок в плановые сроки;
- 3) подготовка систем к работе в соответствии с особенностями технологических процессов в помещениях и временем года;
- 4) контроль за работающим оборудованием;
- 5) своевременное и качественное техническое обслуживание систем и оборудования (профилактические осмотры, обнаружение и устранение неисправностей, текущий, планово-предупредительный и капитальный ремонты и др.);
- 6) всемерное снижение стоимости эксплуатации путем экономии электроэнергии, расходных материалов, увеличения межремонтных сроков и т. п.
- 7) соблюдение правил техники безопасности при эксплуатации.

3.2. Измерение параметров воздушного потока

К числу контролируемых параметров воздушного потока в первую очередь относятся давление, скорость и расход воздуха, а также температурно-влажностные параметры.

Для измерения давлений воздуха в вентиляционных каналах, а также разности давлений в различных точках воздуховодов применяются микроманометры различных типов. Простейшим микроманометром является U-образная стеклянная трубка, заполненная какой-либо жидкостью до нулевой отметки. Если один конец трубки резиновым шлангом присоединить к точке измерения, то разность уровней жидкости в коленах трубки покажет величину измеряемого давления.

В практике испытаний наибольшее распространение получил микроманометр типа ММН, точность которого позволяет измерить небольшие давления (рис.2). Угол наклона трубки прибора можно менять, так регулируется точность и максимальная величина измеряемого давления. Прибор заполняется этиловым спиртом.

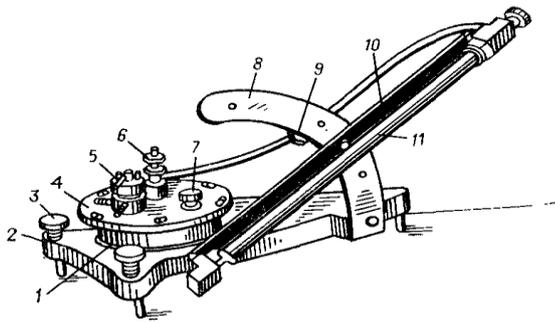


Рис. 2. Микроманометр типа ММН.

1 – резервуар; 2 – станина; 3 – регулировочные винты; 4 – крышка резервуара; 5 – ручка крана-переключателя; 6 – винт для установки уровня спирта в трубке к нулевому давлению шкалы; 7 – пробка; 8 – стойка; 9 – фиксатор; 10 – металлический кронштейн; 11 – стеклянная измерительная трубка.

По показаниям микроманометра давление определяется, Па, по формуле

$$P = 9,81K,$$

где l – отсчёт по шкале в трубке прибора, мм;

K – постоянная прибора.

При заливке в прибор жидкости с плотностью $\rho_{ж}$, отличающейся от плотности спирта, или при измерениях, проводимых при температуре t , отличающейся от $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, фактическое давление $P_{ф}$ должно быть пересчитано по формуле

$$P_{ф} = \frac{\rho_{ж}}{0,81} \cdot \frac{P}{1 + \beta(t - 20)},$$

где P – величина давления по показаниям манометра;

β – коэффициент объёмного расширения залитой жидкости (для спирта $\beta=0,0011$, для воды $\beta=0,00015$).

Для восприятия давления в месте измерения и передачи его на микроманометр при испытаниях вентиляционных систем используются пневмометрические трубки со шлангами. Наиболее часто применяется трубка МИОТ. Имеются и другие типы пневмометрических трубок, отличающиеся друг от друга конструктивным исполнением.

Пневмометрическая трубка устанавливается в потоке воздуха строго параллельно направлению его движения. Во избежание влияния возмущенных потоков сечения для измерений в воздуховодах выбираются на расстоянии не менее четырех-пяти диаметров за местным сопротивлением и не менее двух диаметров до последующего местного сопротивления.

Усредненные величины полного и статического давлений принимаются равными среднему арифметическому из замеренных в каждой точке, а среднее значение динамического давления определяется по формуле

$$P_{д}^{ср} = \left(\frac{\sqrt{P_{д1}} + \sqrt{P_{д2}} + \dots + \sqrt{P_{дn}}}{n} \right)^2,$$

где $P_{д1}, P_{д2}, \dots, P_{дn}$ – значения замеренных динамических давлений;
 n – число точек замеров.

Скорость движения воздуха в приточных и вытяжных отверстиях, воздуховодах, проемах стен и т. п. измеряется с помощью анемометров. На практике применяются ручные крыльчатые анемометры с пределами измерений скоростей воздуха от 0,2 до 5 м/с и чашечные, предназначенные для измерения скоростей от 1 до 20 м/с.

На практике используются также электротермоанемометры типа ЛИОТ, позволяющие одновременно измерить температуру воздуха и скорость его движения.

В сечениях воздуховодов, проемов, приточных и вытяжных отверстиях анемометры должны устанавливаться строго перпендикулярно потоку воздуха.

Скорость движения воздуха в воздуховоде может быть определена также косвенным путем через динамическое давление по выражению

$$v_{ср} = \sqrt{\frac{2P_{д}^{ср}}{\rho_{в}}},$$

где $P_{д}^{ср}$ – среднее значение замеренного динамического давления, Па;

ρ – плотность воздуха, принимаемая по его температуре в точке замера, кг/м³.

Расход воздуха V , м³/ч, через сечения воздуховодов площадью $F_{сеч}$, м², вычисляется по формуле

$$V = 3600 v_{ср} F_{сеч}.$$

В вентиляционных отверстиях расход воздуха определяется по этой же формуле. В приточных отверстиях без решеток и направляющих лопаток скорость должна измеряться строго в плоскости отверстия, так как по мере удаления от этой плоскости площадь сечения потока будет изменяться.

В отверстиях с решеткой площадь сечения принимается равной

$$F_{сеч} = \frac{F_{ж} + F_{г}}{2},$$

где $F_{ж}$ и $F_{г}$ – площади живого и габаритного сечений, м².

Количество воздуха, поступающего во всасывающее отверстие, определяется по формуле

$$V = 3600 k v_{ср} F_{сеч},$$

где k – коэффициент поджатия струи, зависящий от скорости; при скоростях всасывания (0,75÷4), м/с, $k = 0,76 \div 0,84$, причём при среднем значении $k = 0,8$ ошибка не превышает $\pm(3 \div 4)\%$.

Если на одном воздуховоде имеются однотипные вентиляционные отверстия одинаковых размеров, то расход воздуха через отдельные отверстия будет

$$V_i = \frac{v_i V_{\text{общ}}}{v_1 + v_2 + \dots + v_n},$$

где $V_{\text{общ}}$ – общий расход воздуха через все отверстия, замеренный в начале воздуховода, м³/ч;

v_i – скорость воздуха в данном отверстии, м/с;

$i = 1, 2, \dots, n$ – порядковые номера отверстий.

Расход воздуха через отдельные вентиляционные отверстия может быть определен как разность расходов воздуха в воздуховоде до и после отверстия. Для этого достаточно измерить скорость в этих сечениях воздуховода.

В проемах (воротах, дверях, аэрационных и других отверстиях) расход воздуха определяется раздельно в верхней и нижней зонах, так как направление потока в них будет различным. Сначала перемещением анемометра по сечению проема определяют в нем положение нейтральной зоны, где скорость равна нулю. Затем измеряют средние скорости потока в обоих направлениях. Для этого верхние и нижние части проема делят на равновеликие площадки и измеряют скорости в центре каждой площадки, а в расчет принимают среднее арифметическое значение скорости. Расход воздуха в каждом направлении определяется по формуле, указанной выше.

Температуру воздуха в воздуховоде измеряют ртутными термометрами, термопарами, электрическими термометрами сопротивления. Термометры и датчики вводят в воздуховод через отверстия и закрепляют в стенке резиновыми или другими пробками.

Для измерения относительной влажности воздуха в помещениях используются психрометры.

Для автоматической записи относительной влажности в помещениях в течение длительного времени применяются термографы и гигрографы. В конструкции гигрографа также имеется вращающийся барабан, а датчиком служит конский волос или специальная пленка, деформирующиеся при изменении влажности воздуха.

Измерение содержания пыли в воздухе — определение концентрации пыли, мг/м³, производится весовым методом, сущность которого заключается в том, что некоторый объем запыленного воздуха просасывается через фильтр, задерживающий пыль. По разности массы фильтра до и после просасывания воздуха вычисляют количество пыли.

Содержание вредных газов и паров в воздухе помещений измеряется аспирационным или вакуумным методом. Пробы воздуха отбираются и анализируются специальными химическими методами.

Экспресс-анализ воздуха на содержание в нем некоторых часто встречающихся газо- и паробразных вредных веществ может выполняться с помощью специальных универсальных газоанализаторов.

3.3. Виды испытаний вентиляционных систем

Испытания и наладка систем вентиляции и воздушного отопления производятся перед сдачей их в эксплуатацию, а также периодически в процессе эксплуатации. Испытания должны выявить фактический режим работы систем и их оборудования, а наладка — обеспечить требуемую эффективность работы по поддержанию в помещении заданных параметров воздушной среды. В процессе наладки производится регулирование работы оборудования в соответствии с проектными (паспортными) характеристиками.

Различают технические испытания и испытания на эффективность (санитарно-гигиенические).

Технические испытания проводятся с целью проверки соответствия фактического режима работы системы расчетному и получения технических характеристик системы, необходимых для составления паспорта.

При технических испытаниях проверке подлежат: производительность, развиваемое давление и число оборотов рабочих колес вентиляторов, а также степень бесшумности их работы; фактическое распределение воздуха по всем участкам вентиляционной сети; герметичность воздуховодов; расход воздуха через вентиляционные отверстия; теплопроизводительность калориферов и холодопроизводительность воздухоохладителей; температура приточного воздуха; расход и температура воды; количество испаряющейся и конденсирующейся влаги в увлажнительных и осушающих устройствах; степень очистки воздуха в воздухоочистных устройствах и их сопротивление; потребляемая мощность; число оборотов колес вентиляторов; исправность электродвигателей и другого электрического оборудования.

Измеренные значения указанных величин должны соответствовать проектным данным. Допустимые отклонения не должны превышать: по объему воздуха, проходящего через головные участки воздуховодов общеобменных установок, — $\pm 10\%$; по объему воздуха, проходящего через приточные и вытяжные отверстия общеобменных установок, — $\pm 20\%$; по объему воздуха, проходящего через головные участки воздуховодов местных установок, а также удаляемого местными отсосами, — $+10\%$; по температуре приточного воздуха — $\pm 2^\circ\text{C}$.

После завершения монтажа систем проводятся предпусковые технические испытания для выявления фактических параметров работы вентиляционных установок. Путем наладки и регулирования эти параметры необходимо довести до проектных значений с допустимыми отклонениями, указанными выше.

Предпусковые испытания, наладка систем и регулировка работы оборудования осуществляются организацией, выполняющей монтажные работы. В необходимых случаях эта работа поручается специализированной наладочной организации.

Предпусковые испытания должны быть закончены перед сдачей объекта в эксплуатацию. Работы по предпусковым испытаниям завершаются составлением «Акта на предпусковые испытания и регулировку вентиляционных установок» (на все

вентиляционные установки объекта) и «Паспорта вентиляционной установки» (на каждую установку).

В ходе эксплуатации при необходимости проводят эксплуатационные технические испытания. Они осуществляются при нормальной загрузке технологического оборудования и установившемся режиме выделения вредных веществ.

Такие испытания проводятся в следующих случаях: после ввода в эксплуатацию технологического оборудования в помещениях, оборудованных вентиляцией; при обнаружении несоответствия параметров внутреннего воздуха требованиям санитарных норм; после капитального ремонта или реконструкции вентиляционных установок.

Испытаниям должно предшествовать предварительное обследование установок, в процессе которого производится детальный осмотр отопительно-вентиляционных систем, проверяется соответствие их проектам, осуществляется визуальная оценка состояния систем, оборудования и ограждений (плотность дверных и оконных проемов, герметичность местных отсосов, трубопроводов и арматуры, технологических коммуникаций, состояние теплоизоляции и др.). Все обнаруженные недостатки заносятся в дефектную ведомость.

Санитарно-гигиенические испытания и обследования проводятся для проверки соответствия состояния воздушной среды помещений требуемым нормам, а также для оценки эффективности работы вентиляции после ее наладки. Они осуществляются при расчетном режиме выделения вредных веществ в помещениях и работе вентиляции.

При проведении санитарно-гигиенических испытаний и обследований определяются: метеорологические условия в обслуживаемой зоне и на рабочих местах (температура, относительная влажность и подвижность воздуха), содержание в воздухе помещений пыли, газов и паров, количество вредных веществ в приточном воздухе и его параметры (температура и относительная влажность), общее количество поступающего и уходящего из помещений воздуха.

Такие испытания должны проводиться в различные периоды года в зависимости от вида вредных выделений: вредных газов и паров — в холодный период, тепловыделений — в теплый период; при одновременном выделении газа и тепла — в холодный период с проверкой теплового режима в теплый период.

До начала испытаний устанавливаются места для замеров и отбора проб воздуха. Количество контролируемых точек зависит от расположения рабочих мест в помещении, характера и мест выделения вредных веществ, схемы воздухообмена и других условий. На постоянных рабочих местах отбор проб производится из зоны дыхания людей, а на рабочих площадках и на выходе — на отметке 1,5 м от пола. Пробы приточного воздуха отбираются перед наружными воздухозаборными устройствами. При наличии фильтров пробы отбирают после них.

Метеопараметры воздуха в помещениях замеряют на высоте 1,5 м от пола или рабочей площадки, а приточного воздуха — у приточных отверстий. В каждой точке отбирают не менее двух проб (для каждого вида вредных веществ), причем при выделении нескольких газов и паров концентрацию необходимо определять для каждого из них.

Данные, полученные при санитарно-гигиенических обследованиях, являются основными для принятия решений об испытаниях и наладке вентиляционных установок, а при необходимости и их реконструкции.

3.4. Испытания и наладка вентиляционных установок

В программу работ по испытанию и наладке общеобменных систем вентиляции включаются: испытания и регулирование вентиляторов, испытание сети воздухопроводов и регулировка расхода воздуха на ее участках, а также испытание и регулировка калориферов, пылеулавливающих устройств, устройств естественной вентиляции, местных отсосов, воздушно-тепловых завес и т. д.

Испытание и регулирование вентиляторов

Целью испытания вентилятора является определение и сопоставление с проектными и каталожными данными фактического режима его работы. В процессе испытаний замеряются фактически создаваемое давление, производительность, число оборотов рабочего колеса и в некоторых случаях КПД. Указанные величины измеряются при полностью открытых регулирующих устройствах (шиберы, дроссель-клапаны и пр.).

Создаваемое давление и производительность замеряются на всасывающем и нагнетательном участках воздухопроводов в непосредственной близости от вентилятора с соблюдением следующих условий: при наличии непосредственно примыкающих к вентилятору прямолинейных участков воздухопроводов — в сечениях на расстоянии четырех-пяти диаметров за местным сопротивлением по ходу воздуха и двух диаметров до следующего местного сопротивления; при отсутствии прямолинейных участков — у всасывающего и нагнетательного патрубков. Полное фактическое давление $P_{п.ф.}$ создаваемое вентилятором, складывается из абсолютных значений полных давлений на линиях всасывания и нагнетания.

Производительность вентилятора определяется как на всасывающем, так и на нагнетательном участках по величинам замеренных динамических давлений и площади поперечного сечения. Расхождение между расходами на обоих участках не должно превышать 5%. Большее расхождение указывает на наличие неплотности в вентиляторе или в местах соединений его патрубков с воздухопроводами.

Фактическая производительность вентилятора L_f принимается как среднее арифметическое из расходов воздуха на линиях всасывания и нагнетания.

Перед сопоставлением фактического режима работы вентилятора с каталожными данными величину замеренного полного давления $P_{п.ф.}$ следует привести к стандартным условиям по формуле

$$P_{\text{станд}} = P_{п.ф.} \frac{K(273+t)}{293},$$

где t — замеренная температура воздуха, °С;

K — отношение нормального барометрического давления к измеренному.

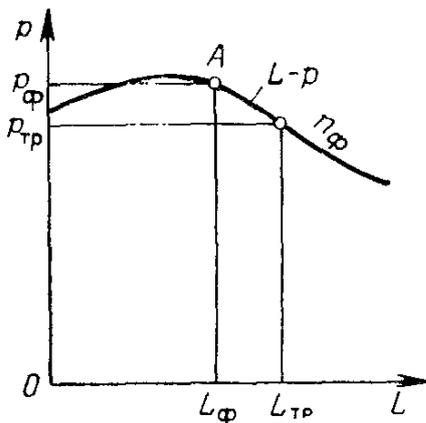


Рис.3. Проверка режима работы вентилятора

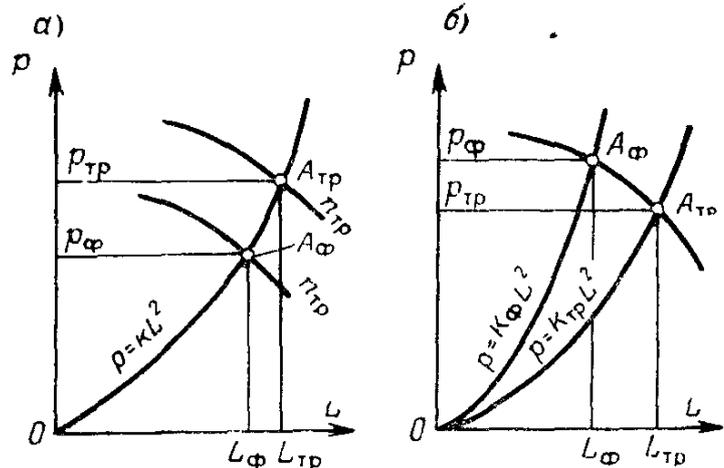


Рис.4. Методы регулировки вентиляторов

а — качественный; б — количественный

Частота вращения рабочего колеса вентилятора замеряется тахометром.

Данные испытаний вентилятора сопоставляются с каталожными данными и проектной производительностью следующим образом. На аэродинамической характеристике вентилятора (рис.3) наносится точка А, соответствующая фактическим значениям полного давления, приведенного к стандартным условиям, и производительности. Если точка А ложится на кривую $L—P$, соответствующую замеренной частоте вращения рабочего колеса n_{ϕ} , то это значит, что вентилятор отвечает данным проекта. Отклонения от характеристики по давлению не должны превышать $\pm 5\%$.

При больших значениях отклонений фактического давления от проектных $P_{тр}$ необходимо проверить правильность направления вращения рабочего колеса, величину зазора между колесом и всасывающим патрубком (не должна превышать 1% от диаметра колеса), качество изгиба лопаток колеса и устранить выявленные дефекты.

Фактическая производительность L_{ϕ} вентилятора может отличаться от проектной $L_{тр}$ вследствие неисправности сети (засорения, ошибки в монтаже и т. п.), неправильности ее расчета.

Неисправности сети обнаруживаются путем ее осмотра и испытания. Если при устранении неисправностей производительность вентилятора остается ниже проектной, то производится его регулировка.

Производительность вентилятора можно регулировать путем изменения характеристики вентилятора (качественный метод) или характеристики сети (количественный метод).

Качественный метод регулировки заключается в изменении частоты вращения рабочего колеса вентилятора, так как производительность вентилятора изменяется пропорционально числу оборотов.

Требуемое число оборотов $n_{тр}$ для достижения $L_{тр}$ составляет

$$n_{тр} = \frac{n_{\phi} L_{тр}}{L_{\phi}}$$

и зависит от диаметра шкива двигателя.

При наложении характеристики сети на характеристику вентилятора (рис. 4,а) устанавливаются требуемые значения числа оборотов $n_{тр}$ и полного давления $P_{тр}$ при неизменной характеристике сети.

Изменение частоты вращения рабочего колеса вентилятора может быть достигнуто изменением либо частоты вращения ротора электродвигателя, либо диаметров шкивов при клиноременной передаче. При этом, однако, следует помнить, что потребляемая мощность растет в кубической зависимости от числа оборотов. В связи с этим при необходимости значительного увеличения производительности экономически более целесообразной оказывается замена вентилятора или реконструкция сети для изменения ее характеристики.

При количественном методе регулирования производительности вентилятора осуществляется изменением характеристики сети. Это достигается изменением отверстий диафрагм, дроссель-клапанов, шиберов, постановкой дополнительных дросселирующих устройств и, как крайнее средство, изменением сечений воздухопроводов. В этом случае сеть будет иметь другую характеристику (рис. 4,б) и новые значения $L_{тр}$ и $P_{тр}$, соответствующие точке $A_{тр}$.

Испытание воздухопроводной сети и наладка расхода воздуха по ее участкам

Основными задачами аэродинамического (технического) испытания сети являются: определение расходов воздуха в отдельных ответвлениях сети и вентиляционных отверстиях; нахождение динамического и полного давлений в характерных точках сети и потерь полного давления на участках; проверка герметичности воздухопроводов. Испытанию воздухопроводной сети должны предшествовать испытания и наладка вентиляторного агрегата.

Давления и скорости движения воздуха измеряются в таких точках, чтобы можно было рассчитать потери давления, а также расходы воздуха на необходимых участках и в ответвлениях вентиляционной сети.

Потеря давления на участке (ответвлении) определяется как разность полных давлений в начале и в конце его. Герметичность воздухопроводов проверяется по соблюдению баланса в расходах воздуха, поступающего из вентилятора и выходящего (входящего) из всех вентиляционных отверстий. Общий объем подсосов или утечек воздуха не должен превышать 10 % от фактической производительности вентилятора.

Измеренные величины расходов воздуха и полных давлений сравнивают с проектными данными. Если при этом расхождение в расходах воздуха по ответвлениям и отверстиям оказывается больше 10%, то производят наладку вентиляционной сети.

Распределение воздуха по участкам и отверстиям регулируется изменением сопротивлений на соответствующих участках или в отверстиях. В качестве регулирующих устройств применяются диафрагмы, дроссель-клапаны, шиберы и т. п.

Требуемое положение дроссель-клапана или шиберы можно определить методом попыток или расчетом по величине требуемого динамического давления перед или за сопротивлением.

Обычно применяются два способа наладки сети:

- способ последовательного уравнивания отношения фактического расхода воздуха к проектному;
- способ постепенного приближения к заданному отношению фактического и проектного расходов воздуха.

При первом способе наладка осуществляется в два этапа: сначала по отверстиям каждой ветви, затем по всем ветвям сети. При этом добиваются одинакового отношения $L_{\phi}/L_{тр}$ во всех отверстиях и во всех ветвях сети.

На первом этапе выбирают два последних наиболее удаленных от вентилятора отверстия и уравнивают в них отношения фактического расхода к проектному, добиваясь некоторого значения $(L_{\phi}/L_{тр})_1$. Затем, принимая в дальнейшем эти отверстия за единое, производят их наладку с соседним отверстием, в результате чего все три крайние отверстия оказываются налаженными на отношение $(L_{\phi}/L_{тр})_2$ и т. д.

Таким образом, производится наладка по всем отверстиям всей ветки с $L_{\phi}/L_{тр} = (L_{\phi}/L_{тр})_n$. Аналогично поступают при наладке других ветвей. После наладки по всем отверстиям осуществляют повторное измерение расходов воздуха по ветвям. Наладку расхода воздуха по ветвям следует производить аналогичным образом, начиная с наиболее удаленной ветви.

При втором способе наладку производят по отношению фактического и проектного расходов воздуха, равное 0,8—0,9. Вначале приближенно добиваются заданного отношения расходов воздуха по ветвям сети, а затем по отдельным отверстиям. После этого вновь повторяют и корректируют распределение воздуха по ветвям и по отверстиям до тех пор, пока расхождение между фактическим и проектным расходами в каждом отверстии будет не более $\pm 20\%$.

Испытание и наладка калориферов

Целью испытания калориферов является определение их фактической теплопроводности и сравнение ее с проектной.

Перед испытаниями необходимо очистить калорифер от пыли и довести расход воздуха через него до расчетного, затем включить подачу теплоносителя и довести его параметры до требуемых по температурному графику или значению давления пара по проекту.

Испытание калориферов производят при установившемся состоянии температур теплоносителя и воздуха после калориферов, что достигается примерно через 20 мин после включения их подачи.

В процессе испытаний измеряют: температуру воздуха до $(t_{н. \phi})$ и после $(t_{к. \phi})$ калорифера, $^{\circ}\text{C}$; расход воздуха через установку $(L, \text{ м}^3/\text{ч})$; температуру воды на входе $(\tau_{г. \phi})$ и выходе $(\tau_{о. \phi})$, $^{\circ}\text{C}$; расход воды или пара $(G, \text{ кг/ч})$; сопротивление калорифера прохождению воздуха ΔP , Па.

Фактическая теплопроизводительность калорифера определяется по формуле

$$Q_{\phi} = G_{c,v}(t_{k,\phi} - t_{n,\phi})$$

Полученное значение Q_{ϕ} сравнивается с расчетной теплопроизводительностью (приведенной к расчетным условиям):

при теплоносителе — воде

$$Q_{\phi,p} = Q_{\phi} \frac{\tau_{г,p} + \tau_{o,p} - 2t_p}{\tau_{г,\phi} + \tau_{o,\phi} - 2t_{n,\phi}}$$

при теплоносителе — паре

$$Q_{\phi,p} = Q_{\phi} \frac{t_{n,p} - t_p}{t_{n,\phi} - t_{n,\phi}}$$

где t_p — расчётная температура наружного воздуха, °С;

$\tau_{г,p}$, $\tau_{o,p}$, $t_{n,p}$ — расчётные температуры соответственно горячей и обратной воды и пара, °С.

Если фактическая теплопроизводительность калорифера окажется отличной от расчетной, необходима наладка его теплоотдачи.

Увеличение теплоотдачи калориферной установки может быть достигнуто изменением расхода теплоносителя или его начальной температуры. Если возможности каждого из этих способов ограничены и не дают нужного результата или полностью отсутствуют, то необходима реконструкция калориферной установки (изменение схемы установки, числа калориферов, их типа). Снижение теплоотдачи калорифера может быть получено путем пропуска части воздуха по обводному каналу или включением отдельных калориферов.

Сопротивление калорифера прохождению воздуха определяется разностью полных давлений до и после него.

Испытание и наладка местных отсосов

Наладку местных отсосов следует производить, если в воздухе рабочей зоны обнаружена превышенная концентрация вредных веществ, источник выделения которых оборудованными местными отсосами.

В остальных случаях проводятся испытания эффективности работы местных отсосов, в процессе которых определяют:

- 1) минимальный объём воздуха, удалённого отсосом, чтобы в зоне его размещения содержание вредных выделений не превышало ПДК;
- 2) оптимальную скорость движения воздуха в рабочем проёме;
- 3) коэффициент местного сопротивления отсоса.

При наладке работы местных отсосов дополнительно определяется коэффициент эффективности местных отсосов по формуле

$$\eta = \frac{G_{л}}{G}$$

где $G_{л}$ — концентрация вредных выделений, локализованных местными отсосами, мг/м³;

G – общая концентрация выделяемых источником вредных веществ, мг/м³.

Отсосы по характеру локализации ими вредных веществ, следовательно, по специфике их испытаний делятся на 3 группы:

- 1) отсосы, полностью укрывающие источник вредных выделений (герметические укрытия, технологические аппараты);
- 2) отсосы, в которых источник вредных выделений не выходит за пределы рабочего проёма (шкафы, витринные отсосы);
- 3) отсосы, у которых источник вредных выделений находится за пределами всасывающего отверстия, в зоне всасывающего факела (зонты, панели, бортовые отсосы).

При испытании местных отсосов определяют:

- 1) минимальное количество извлекаемого воздуха, при котором в рабочую зону не будут поступать вредные вещества, выделяемые источником, который оборудован испытываемым укрытием - в отсосах 1 и 2 групп.
- 2) оптимальное количество извлекаемого воздуха, при котором концентрация вредных веществ на рабочих местах у отсосов по сравнению с их концентрацией в воздухе, поступающим к этим рабочим местам для компенсации отсасываемого воздуха не будет превышать 0,8ПДК – в отсосах 3 группы;
- 3) наличие разрежения – в отсосах 1 группы;
- 4) статическое, динамическое и полное давление в отводимом патрубке отсоса, среднюю скорость в рабочем проёме (отверстии) и коэффициент местного сопротивления – в отсосах 2 и 3 групп.

По эффективности местные отсосы подразделяются на 2 группы – А и Б. К группе А относят отсосы, предназначенные для полного улавливания вредных веществ ПДК ≤ 1 мг/м³ и пыли. К группе Б относят местные отсосы, предназначенные для улавливания вредных выделения ПДК > 1 мг/м³ и обеспечивающие поддержание нормативных по ПДК параметров воздуха рабочей зоны.

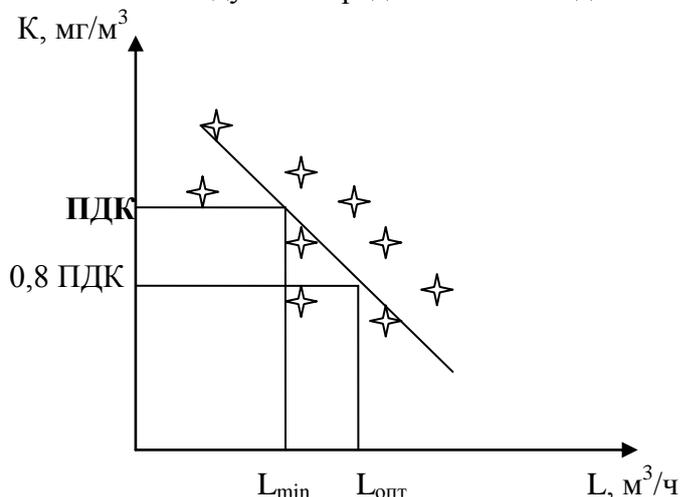
При наличии в технологическом оборудовании местных отсосов разных типов, улавливающих одиночные вредные выделения, испытывают один отсос из каждой группы однотипных и одноразмерных отсосов. Отсосы группы А испытывают при наиболее неблагоприятном режиме работы технологического оборудования.

Оптимальный режим работы местных отсосов устанавливают с помощью дросселирующего устройства вытяжного патрубка. Если выделяющиеся вредные вещества бесцветны, их задымляют.

Необходимое количество воздуха, удаляемого местным отсосом, рассчитывают следующим образом:

- 1) Определяют минимальный расход воздуха, при котором не наблюдается «выбивание» вредных примесей у отсоса;

- 2) Отбирают 2-3 пробы воздуха на рабочем месте у отсоса и во всасывающей патрубке и определяют концентрацию вредных веществ;
- 3) Отбирают пробы воздуха при 2-4 значениях расходов, меньших и больших первоначально установленного;
- 4) Строят график зависимости концентрации вредных веществ от расхода воздуха и определяют необходимое количество удаляемого воздуха:



При оптимальном расходе воздуха измеряют статическое, динамическое и полное давление в патрубке отсоса, а также среднюю скорость движения воздуха в рабочем проёме отсоса.

По замеренным значениям полного и динамического давления вычисляют коэффициент местного сопротивления отсоса

$$\zeta = P_{\text{полн}} / P_{\text{д}}$$

Сравнивая концентрацию вредных веществ в патрубке отсоса с их концентрацией на рабочем месте, определяют коэффициент эффективности местных отсосов, η . Для отсосов группы А при $\eta=1$ концентрация вредных веществ в подтекающем воздухе должна равняться нулю.

Общее количество вредных веществ, удаляемых местными отсосами, а также дисперсный состав пыли определяют анализом проб воздуха, отобранных из патрубка отсоса.

При наладке бортовых отсосов следует учитывать влияние жидкой среды на воздухообмен.

Помимо общих требований по испытанию и наладке местных отсосов к бортовым отсосам предъявляется ряд специфических. Перед их испытанием следует установить: размеры зеркала ванны, тип жидкости и выделяющихся с зеркала ванны вредных веществ, схему организации притока воздуха и др.

Испытания проводят при номинальном режиме технологического процесса, проектном режиме работы системы приточной вентиляции и равномерном распределении скорости движения воздуха в приёмниках бортовых отсосов. При испытаниях определяют: температуру воздуха в помещении, температуру жидкости в ванне; скорость движения воздуха в рабочей зоне обследуемой ванны; оптимальный

расход воздуха, отсасываемого бортовым отсосом при достижении максимально допустимой высоты спектра вредных веществ; удельный расход воздуха на единицу поверхности зеркала ванны; среднюю скорость движения воздуха в щели отсоса.

Эффективность работы бортовых отсосов от ванн при оптимальном расходе воздуха должна быть подтверждена результатами анализа проб воздуха в зоне дыхания на рабочих местах у ванн.

При наладке бортовых отсосов следует учитывать, что с увеличением скорости движения воздуха во входном сечении возрастают сопротивление, срыв воздушного потока у входного отверстия и вынос токсических веществ из этой зоны действия отсоса. Оптимальная ширина щели 50мм. Если средствами наладки не удаётся локализовать поступление вредных веществ в рабочую зону или для этого требуются большие объёмы воздуха, целесообразно применить активизированные бортовые отсосы.

Испытания и наладка воздухораспределительных устройств

Испытаниям воздухораспределительных устройств должны предшествовать регулировка расхода воздуха в них, а также тепловыделения (расхождения не должны превышать 20-25%).

При испытаниях измеряют такие параметры:

- 1) для определения сопротивления воздухораспределительного устройства – полное, статическое и динамическое давление в подводящем патрубке устройства;
- 2) для определения скоростных и тепловых характеристик потока – скорости движения v_0 или динамическое давление и значения температуры t_0 воздуха в подводящем патрубке приточного устройства, v_x и t_x в создаваемой приточным устройством струе, $v_{p.z.}$ и $t_{p.z.}$ в окружающем эту струю пространстве. Скорость движения воздуха и температура в потоке измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях, проходящих через линию максимальных скоростей. Координаты замеров фиксируют. Поперечные сечения потока, в которых производят измерения, определяют по относительным расстояниям

$$\frac{X}{\sqrt{F_0}} = 0,3,5,7,10,15,20,\dots$$

где X – расстояние от приточного устройства до сечения потока, в котором производится измерения, м; F_0 – площадь поперечного сечения подводящего патрубка, м².

Помимо расхода воздуха и коэффициента местного сопротивления воздухораспределительного устройства вычисляют локальные значения коэффициентов m_x и n_x , характеризующих темп снижения скорости v_x и избыточной температуры t_x по формулам

$$m_x = \frac{v_x X}{v_o \sqrt{F_o}}; \quad n_x = \frac{(t_x - t_{p.з.}) X}{(t_o - t_{p.з.}) \sqrt{F_o}}$$

Определяют средние значения коэффициентов m и n для исследуемого потока

$$m_{cp} = \frac{\sum m_x}{z}; \quad n_{cp} = \frac{\sum n_x}{z},$$

где z – количество точек измерения.

Сравнивают m, n и ζ с расчётными параметрами. Наладка воздухораспределительных устройств заключается, главным образом, в изменении направления и начальной скорости воздушного потока.

3.5. Техническое обслуживание систем вентиляции

Подготовка систем к работе в зимний и летний периоды

Условия и режимы работы систем вентиляции по временам года неодинаковы, так как производительность калориферов и вентиляторов в тёплый и холодный периоды года различна.

При подготовке систем и оборудования к зимней эксплуатации необходимо: защитить помещения от проникания холодного воздуха через двери, неплотности в ограждающих конструкциях, вентиляционные и другие отверстия; проверить состояние утепленных клапанов в вентиляционных отверстиях и исправность систем управления ими; техническое состояние калориферов, трубопроводов теплоносителя, конденсатоотводчиков, арматуры; очистить их от пыли и промыть (непосредственно перед началом зимней эксплуатации следует произвести пробный пуск установки); разработать мероприятия, предотвращающие замерзание водяных калориферов при аварийном прекращении подачи теплоносителя; проверить исправность теплоизоляции воздухопроводов наружного воздуха; промыть и зарядить масляные фильтры маслом с низкой температурой замерзания.

Перед началом летней эксплуатации следует предусмотреть возможность естественной вентиляции помещений через открываемые проемы. В районах с жарким климатом, где возможен перегрев помещений в результате действия солнечной радиации, следует предусмотреть ряд защитных мероприятий: забеливание облучаемых поверхностей, устройство тентов, орошаемых кровель и т. п.

Включение и выключение систем

Системы вентиляции должны включаться и выключаться с соблюдением определенных правил и последовательности пуска отдельных агрегатов и устройств. Несоблюдение этих правил может привести к нарушениям режима работы систем, порче оборудования, авариям.

При работе с системами вентиляции необходимо руководствоваться следующими основными правилами:

- включение приточных и общеобменных вытяжных установок следует производить за 10—15 мин до начала работы цеха, при этом сначала включаются вытяжные установки, а затем приточные (в помещениях с подпором порядок включения обратный);

- выключение приточных и общеобменных вытяжных установок осуществляется через 10—20 мин после окончания работ в помещении, за исключением помещений с влаговыведениями, где вентиляция должна работать непрерывно до просушки строительных конструкций;

- местные вытяжные установки должны включаться за 3—5 мин до начала работы технологического оборудования и выключаться через 3—5 мин после окончания его работы.

Порядок включения и выключения систем определяется инструкцией по эксплуатации, утвержденной органами санитарной и пожарной инспекций, и в зависимости от местных условий может отклоняться от указанных выше правил.

Перед включением системы в работу необходимо: проверить исходное положение выключателей, ключей и тумблеров на пульте управления, а также исходное положение воздушных клапанов, шиберов, вентилялей, положение утепленного клапана (должен быть зимой закрыт, летом — открыт); убедиться в плотности закрытия камер и люков, отсутствии посторонних предметов в камерах и оборудовании; проверить подачу теплоносителя к калориферам, параметры тепло- и хладоносителя; убедиться в исправности передач от двигателей к вентиляторам.

После включения системы проверяются открытие проходных клапанов в воздуховодах, работа фильтров, вентиляторов, показания термометра за калорифером, соответствие показаний контрольно-измерительных приборов заданному режиму.

После выключения систем необходимо убедиться в закрытии утепленных клапанов (в зимний период), остановке самоочищающихся фильтров, включении системы автоматической защиты калориферов от замерзания (обеспечивает постоянную циркуляцию теплоносителя через калорифер). При ее отсутствии необходимо открыть вентили (краны, задвижки) на обводных линиях у регулирующих клапанов для обеспечения постоянного минимального притока теплоносителя в калориферы.

Калориферы, работающие на паре, практически редко замораживаются, поэтому они выключаются полностью, но после полного слива из них конденсата.

Если системы вентиляции включаются и выключаются автоматически по командным сигналам датчиков или вместе с включением или выключением технологического оборудования, то необходима лишь подготовка систем и оборудования к работе.

Контроль за работой систем и оборудования

В процессе контроля проверяют эффективность работы систем и исправность работающего оборудования. Контроль заключается в измерении параметров воздушной среды в помещениях в процессе работы систем. В случае отклонений фактических

параметров воздуха от заданных необходимо найти и устранить причины, их вызывающие. Контроль за исправностью рабочего оборудования осуществляется дежурным персоналом.

Обслуживание вентиляторов

Вентиляторы должны иметь плавный и бесшумный ход. Наличие шума свидетельствует о ненормальной их работе. Причинами возникновения шума могут быть износ подшипников, ослабление креплений, поломка рабочего колеса, вмятины на корпусе или в лопатках, нарушение соосности валов вентилятора и электродвигателя, посторонние предметы в кожухе и т. п.

Рабочее колесо радиального вентилятора должно вращаться по направлению раскрутки спирали кожуха, а в осевых нереверсивных вентиляторах — вперед вогнутой стороной лопаток. Надо тщательно следить за балансировкой рабочего колеса вентилятора, так как разбалансировка, биение вызывают не только излишний шум, но могут привести и к аварии. Хорошо сбалансированное рабочее колесо после проворачивания должно останавливаться в разных положениях.

Периодически необходимо проверять зазоры между кромкой рабочего колеса и кожухом как в радиальном направлении, так и в направлении оси вала, а также температуру подшипников, которая не должна превышать 60 °С, состояние соединений валов вентилятора и электродвигателя.

Открытые всасывающие отверстия вентиляторов должны иметь защитную металлическую сетку с ячейками 25—50 мм.

Электродвигатели вентиляторов, насосов, органов управления и т. п. должны обслуживаться в соответствии с правилами эксплуатации электрооборудования по специальным инструкциям.

Обслуживание калориферов

При работе с калориферами следует строго соблюдать правила их эксплуатации. В противном случае возможно замораживание водяных и даже взрыв паровых калориферов. Рекомендуется составить специальную инструкцию по эксплуатации этих установок с указанием порядка их включения и выключения, регулирования теплоотдачи, технического обслуживания, мер борьбы с замораживанием и т. п.

Последовательность включения и выключения калориферов должна быть следующей.

Для включения калориферов, работающих на воде, необходимо: перекрыть спуск воды в нижней точке систем и трубопроводов калорифера; постепенно открыть запорную арматуру на обратном трубопроводе теплоносителя; открыть кран для выпуска воздуха в верхней точке трубной обвязки калорифера и после появления непрерывной струи воды закрыть его; открыть запорную арматуру на подающем трубопроводе теплоносителя; убедиться в отсутствии подтеканий и парений; проверить температуру теплоносителя на подающей линии (если температура теплоносителя

окажется значительно ниже требуемой по графику отпуска тепла, то включение вентиляции не допускается).

Для выключения калорифера надо сначала закрыть запорную арматуру на подающем трубопроводе — к калориферу, а затем на обратном трубопроводе — от калорифера. После этого открыть спускные устройства для слива воды и кран для выпуска воздуха.

Следует отметить, что калориферы, работающие на воде, полностью выключаются и из них сливается вода только при остановке на длительный период. При кратковременных остановках снижается только подача теплоносителя до пределов, устраняющих замораживание калориферов. В процессе работы водяных калориферов необходимо периодически выпускать воздух, скапливающийся в верхней части обвязки.

Для включения калориферов, работающих на паре, необходимо: перекрыть проход через конденсатоотводчик и открыть проход через обводный канал; открыть контрольный вентиль, установленный после конденсатоотводчика; постепенно открыть паровой вентиль на паропроводе; после выпуска воздуха и появления пара закрыть контрольный вентиль; открыть проход пара через конденсатоотводчик и закрыть обводный канал.

Для включения этих калориферов надо прежде всего закрыть паровой вентиль на паропроводе, затем последовательно открыть обводный канал конденсатоотводчика и контрольный вентиль, после этого закрыть проход через конденсатоотводчик.

При длительной остановке калорифера необходимо вывернуть пробку в нижней части конденсатоотводчика для слива конденсата.

В процессе эксплуатации калориферов надо систематически следить за тем, чтобы между ними и строительными ограждениями не было зазоров; имеющиеся зазоры должны быть заделаны несгораемыми материалами.

Оребрение калориферов следует очищать от загрязнений струей сжатого воздуха, а при наличии плотно слежавшихся отложений — гидропневматическим способом.

Выявленные при систематических осмотрах парения и подтекания во всех узлах водяной или паровой установки должны быть немедленно устранены. Погнутые пластинки калориферов надо исправлять без нарушения оцинковки.

Обслуживание фильтров

Фильтры в процессе эксплуатации постепенно засоряются. Очистка их от загрязнений и перезарядка производятся в сроки, установленные рабочей инструкцией, или при достижении предельно допустимого сопротивления проходу воздуха.

Ячейковые масляные фильтры должны легко и плотно вставляться в установленные рамки; зазоры между рамками, а также между рамками и строительными конструкциями должны быть заделаны.

Очистка загрязненных фильтров и их перезарядка производятся в изолированном помещении. Сначала пыль из фильтров вытряхивают легким

постукиванием деревянным молотком по корпусу фильтра, затем ячейку помещают в бак с 100%-ным раствором каустической соды с температурой 60—70 °С, после чего промывают в баке с чистой горячей водой (40—50 °С) и просушивают.

Зарядка фильтра производится путем многократного погружения ячейки в масляную ванну. Затем для стока избытка масла ячейки подвешивают над ванной на сутки.

При обслуживании самоочищающихся фильтров следят за наличием масла в поддоне, его чистотой, исправностью привода фильтра, правильным направлением движения панелей (наружные панели должны двигаться сверху вниз).

Ремонт вентиляционных установок

Одной из мер, обеспечивающих долговечность и исправность работы вентиляционных установок, является планово-предупредительный ремонт (ППР), включающий плановые осмотры, текущие и плановые средние ремонты.

Плановые осмотры производятся для установления технического состояния вентиляционного оборудования и выявления дефектов, подлежащих устранению при очередном ремонте. При текущем и средних ремонтах устраняются отдельные дефекты и неисправности, производится замена изношенных деталей, очистка от пылевых и иных отложений, устранение неплотностей. Основные работы при этом выполняются на месте размещения вентиляционных установок. После проведения планового среднего ремонта проверяют работу всей вентиляционной установки.

Капитальный ремонт выполняется по мере необходимости по отдельным месячным заданиям. При этом производят демонтаж основного оборудования, его ремонт в мастерских, частичную замену оборудования или отдельных его частей, демонтаж и монтаж воздухопроводов, окраску всей сети и т. п. После капитального ремонта всей системы следует произвести ее регулирование и санитарно-гигиенические испытания, результаты испытаний должны быть занесены в паспорт вентиляционной установки.

Вопросы для самоконтроля

1. Структура и задачи служб эксплуатации систем вентиляции.
2. Измерение параметров воздушного потока.
3. Виды испытаний вентиляционных систем. Технические испытания.
4. Виды испытаний вентиляционных систем. Санитарно-гигиенические испытания.
5. Испытания вентиляторов.
6. Качественный метод регулирования производительности вентиляторов.
7. Количественный метод регулирования вентиляторов.
8. Испытание воздухопроводной сети и наладка расхода воздуха по её участкам.
9. Испытание и наладка калориферов.
10. Испытание и наладка местных отсосов.
11. Испытание и наладка воздухораспределительных устройств.
12. Подготовка систем вентиляции к работе в зимний и летний периоды.
13. Включение и выключение систем вентиляции.

14. Обслуживание вентиляторов.
15. Обслуживание калориферов.
16. Обслуживание фильтров.
17. Ремонт вентустановок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Антипов А.В., Дубровин И.А. Монтаж, пуск и наладка систем вентиляции. Изд-во «Академия», 2009.-64 с. - ISBN 978-5-7695-5430-8.
2. Е.А. Штокман, Т.А. Скорик. Основы отопления и вентиляции. Изд-во: Феникс, 2011.- 352 с. - ISBN 978-5-222-18169-0.
3. В.М.Свистунов, Н.К.Пушняков. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. Изд-во: Политехника, 2010.-432 с. - ISBN 978-5-7325-0941-0.

Дополнительная

1. Наладка и регулирование системы вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. пособие/ Б.А. Журавлев, Г.Я. Загальский, П.А. Овчинников и др.: Под. ред. Б.А. Журавлева.-М.: Стройиздат.1980.-448 с.
2. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов/В.М. Гусев, Н.И. Ковалев, В.П. Попов, В.А. Потрошков, под ред. В.М. Гусева.- Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1981.-343 с.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антипов А.В., Дубровин И.А. Монтаж, пуск и наладка систем вентиляции. Изд-во «Академия», 2009.-64 с. - ISBN 978-5-7695-5430-8.
2. В.И.Манюк, Я.И.Каплинский, Э.Б.Хиж, А.И.Манюк, В.К.Ильин. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Изд-во: Либроком, 2009.-432 с. - ISBN 978-5-397-00264-6.
3. Б.Т.Бадагуев. Эксплуатация тепловых сетей. Изд-во: Альфа-Пресс, 2012.-320 с. - ISBN 978-5-94280-580-7.
4. В.М.Боровков, А.А.Калютик, В.В.Сергеев. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей. Изд-во: Академия,2012.-208 с. - ISBN 978-5-7695-9036-8.
5. Б.М.Мадорский. Эксплуатация центральных тепловых пунктов систем отопления и горячего водоснабжения. Изд-во: Оникс, 2012.-169 с. - ISBN 978-5-458-50287-0.
6. Е.А. Штокман, Т.А. Скорик. Основы отопления и вентиляции. Изд-во: Феникс, 2011.-352 с. - ISBN 978-5-222-18169-0.
7. В.М.Свистунов, Н.К.Пушняков. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. Изд-во: Политехника, 2010.-432 с. - ISBN 978-5-7325-0941-0.
8. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. М., 2007.-252 с.
9. Наладка и регулирование системы вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ. пособие/ Б.А. Журавлев, Г.Я. Загальский, П.А. Овчинников и др.: Под. ред. Б.А. Журавлева.-М.: Стройиздат.1980.-448 с.
10. Козин В.Е., Левина Т.А., Марков А.П., Пронина И.Б., Слемзин В.А. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов вузов.- М.: Высш.школа, 1980.- 408 с.
11. Теплотехника, отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: Учебник для вузов/В.М. Гусев, Н.И. Ковалев, В.П. Попов, В.А. Потрошков, под ред В.М. Гусева.- Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1981.-343 с.
12. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки теплоснабжения. Изд-во «Новости теплоснабжения», 2007.-164 с.
13. Апарцев М.М. / Наладка водяных систем центрального теплоснабжения. Справочное пособие. М.: 1983.
14. Правила учёта тепловой энергии и теплоносителя. Изд-во: НЦ ЭНАС, 2012.-56 с. - ISBN 978-5-4248-0063-4.
15. Ю.В.Балабан-Ирменин, В.М.Липовских, А.М.Рубашов. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. Изд-во: Новости теплоснабжения,2008.-288 с. - ISBN 978-5-94296-018-6.
16. М.А.Сурис, В.М.Липовских. Защита трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии. Изд-во: Энергоатомиздат,2003.-216 с. - ISBN 5-283-00773-1.
17. И.В.Семенова, Г.М.Флорианович, А.В.Хорошилов. Коррозия и защита от коррозии. Изд-во: ФИЗМАТЛИТ,2010.-416 с. - ISBN 978-5-9221-1234-5.
- 18.Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: Учеб.пособие для вузов.- 3-е изд., перераб.- М.: Энергоатомиздат, 1985.-232 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лекция 1. Эксплуатация систем теплоснабжения	4
1.1. Пуск систем теплоснабжения.....	4
1.2. Испытания тепловых сетей.....	6
1.3. Наладка систем теплоснабжения.....	9
1.4. Обслуживание тепловых сетей.....	10
1.5. Ремонт тепловых сетей.....	11
1.6. Защита тепловых сетей от коррозии.....	12
1.7. Водоподготовка для тепловых сетей.....	14
Вопросы для самоконтроля.....	16
Список литературы.....	16
Лекция 2. Эксплуатация систем центрального отопления	18
2.1. Основные задачи и виды работ при эксплуатации систем отопления.....	18
2.2. Пуск систем отопления в действие.....	20
2.3. Гидравлическое испытание системы отопления.....	21
2.4. Промывка систем отопления.....	22
2.5. Подключение систем отопления к тепловой сети.....	23
2.6. Установление циркуляции теплоносителя.....	24
2.7. Отогревание замороженных труб и нагревательных приборов.....	25
2.8. Виды и порядок технического обслуживания центрального отопления.....	25
2.9. Основные причины непрогревов в системах отопления и их устранение.....	27
Вопросы для самоконтроля.....	30
Список литературы.....	31
Лекция 3. Эксплуатация систем вентиляции	32
3.1. Задачи эксплуатационной службы.....	32
3.2. Измерение параметров воздушного потока.....	32
3.3. Виды испытаний вентиляционных систем.....	36
3.4. Испытание и наладка вентиляционных установок.....	38
3.5. Техническое обслуживание систем вентиляции.....	46
Вопросы для самоконтроля.....	50
Список литературы.....	51
Библиографический список	52
Содержание	53