

Устройства для удаления газов из теплоносителя

Сергей ФЕДОРОВ,
директор ООО «Манометр-Терма»

Попадание газов в систему; их состояние. Удаление газов из системы. Воздухоотводчики. Сепараторы для удаления воздуха и шлама. Малогабаритные вакуумные деаэраторы (МВД)

Ingress of gases to the system and their characteristics. Moving off the gases from a system. Drawoffs. Air and slag separators. Compact vacuum deaerators.

Поведение однотипных систем отопления или холодоснабжения после запуска может кардинально отличаться. Это связано с различным качеством воды и материалов систем, особенностями сервисного обслуживания, соблюдением или игнорированием режимов эксплуатации.

Количество физических параметров, определяющих режим эксплуатации, как правило, велико: давление, температура и скорость потока теплоносителя. При необходимости достаточно просто организовать мониторинг и поддержку этих параметров вручную или с помощью автоматики.

Концентрация растворенного в воде газа в равновесии определяется законом Генри и зависит от температуры и давления газа у поверхности жидкости

Качество теплоносителя (в большинстве систем – воды) связано с наличием в нем микропримесей и газов. Измерить их содержание и дать рекомендации с учетом используемых в системе материалов могут лишь квалифицированные специалисты. Из-за большого количества вариантов нет общих рецептов решения возможных проблем. Существуют различные схемы и аппараты для умягчения, обезжелезивания, де-

карбонизации, ингибирования и т. д. В большинстве методов используются химические процессы снижения концентраций, связывания или защиты поверхности систем. Примерно половина проблем эксплуатации связана с наличием газов внутри систем.

В России эти проблемы осложняются разгерметизацией систем при ежегодных профилактических работах. После этого процессы коррозии усиливаются многократно, а время дегазации крупных объектов даже с использованием специальных устройств может длиться несколько месяцев.

Большая часть проблем, связанная с газами, обусловлена присутствием в теплоносителе кислорода,

снабжения азот ведет себя как инертный газ, поэтому при наличии доступных химических методов связывания кислорода и углекислого газа не существует простых способов удаления азота с помощью химических реакций. Также нужно отметить, что использование химических методов связано с необходимостью регулярного мониторинга концентраций добавок и ответственностью за безопасность.

Появившиеся в последнее время устройства с физическими механизмами удаления газов привлекают своей универсальностью (удаляются все газы), простотой и надежностью, отсутствием расходных материалов и минимальным уровнем необходимого сервиса. В первую очередь речь идет о сепараторах для удаления газов и шлама и малогабаритных вакуумных деаэраторах.

азота и углекислого газа.

Концентрация кислорода и углекислого газа решающим образом влияет на скорость процессов коррозии. От концентрации азота во многом зависит появление воздушных пробок, эффективность работы радиаторов и регулирующих вентилей на верхних этажах, появление шумов, скорость эрозии металлических поверхностей, эффективность работы насосов.

В условиях систем тепло- и водо-

Попадание газов в систему

Можно выделить следующие основные каналы, по которым газы попадают в систему [1]:

- поступление с водой подпитки;
- через расширительные и аккумуляторные баки;
- диффузия через пластиковые трубы;
- через фитинги и штоки арматуры;



Рис. 1. Изменение концентрации азота N₂ и кислорода O₂ при заполнении системы

– через воздухоотводчики (при отрицательном давлении).

Диффузионные потоки через мембраны и пластик, как правило, недооцениваются при анализе влияния поступающих за счет этого механизма газов. Для закрытых систем этот механизм может оказаться основным после стабилизации работы системы.

Концентрация компонентов газов в недеаэрированной водопроводной воде зависит от местных условий и может находиться в диапазонах 2–14 мг/л для кислорода (O₂), 0–40 мг/л для углекислого газа (CO₂) и на уровне примерно 20 мг/л для азота (N₂).

При начальном заполнении системы водой атмосферный воздух вытесняется, а в оставшихся пробках воздух находится при повышенном давлении. При этом концентрация растворенных в воде подпитки газов повышается, поскольку часть воздуха из пробок растворяется в воде при повышении давления (рис. 1). Однако затем концентрация вступающего в реакцию кислорода достаточно быстро снижается, а концентрация нейтрального в этих условиях азота без специальных мероприятий практически не меняется [2]. Конечные концентрации газов в воде будут зависеть от трех парамет-

ров: скорости поступления газов в систему, эффективности устройств дегазации и свойств самой системы, в частности скорости процессов коррозии, объема и геометрии системы и т. д. Пороговым уровнем, определяющим наличие потенциальных проблем с коррозией, является концентрация кислорода выше 0,1 мг/л. В теплосетях с открытым водоразбором для горячего водоснабжения концентрация кислорода в основном определяется состоянием устройств деаэрации, обрабатывающих большие объемы воды подпитки.

В закрытых системах основным каналом поступления газа может оказаться диффузия газов через эластичные мембраны баков или пластиковые трубы. Диффузионные потоки газов в жидкость через мембрану и пластик определяются парциальными давлениями газов с каждой стороны, а не общими давлениями газа и жидкости и их перепадом с обеих сторон. При контакте газов с водой концентрация растворенного газа $C_{\text{равн}}$ в жидкости в равновесии определяется законом Генри:

$$C_{\text{равн}} = LP, \quad (1)$$

где L – константа Генри, P – парциальное давление данного газа в воздухе над жидкостью.

Если концентрация газа в жидкости в данный момент меньше равновесной, газ будет поглощаться до насыщения, то есть до достижения величины $C_{\text{равн}}$. Если между газом и жидкостью появляется мембрана, соотношение (1) по-прежнему будет определять соответствие парциального давления газа с одной стороны мембраны и его равновесную концентрацию в жидкости.

Величины потоков газов через мембрану зависят от того, насколько далеки концентрации газов в жидкости от равновесных, а также от проницаемости мембран. Таким образом, газ может интенсивно



Рис. 2. Изменение концентрации кислорода в воде в зависимости от длины силиконового шланга

диффундировать через мембрану из атмосферы с общим давлением 1 бар в воду, находящуюся под давлением несколько бар. Именно так обстоит дело с кислородом, который, попадая в теплоноситель системы, интенсивно вступает в реакцию с металлической поверхностью. При этом концентрация кислорода становится ниже равновесной, обеспечивая условия для постоянной диффузии извне.

Наглядный пример натекания газа через пластиковые трубы представлен на рис. 2. Концентрация кислорода в потоке предварительно деаэрированной воды, проходящем по силиконовым шлангам разной длины, на выходе прямо пропорциональна их длине [3]. Производители пластиковых труб часто предлагают варианты с разной степенью защиты от диффузионного натекания. В большой степени проблема диффузионного натекания относится к системам с контуром теплого пола. При этом не играет большой роли размещение труб в пористом растворе пола.

Косвенным признаком такой диффузии является снижение давления газовой подушки в процессе работы баков. Скорость диффузии газов из воздушной подушки баков растет с увеличением давления. В некоторых напорных баках скорость диффузии газов настолько велика, что через полгода-год давление газа в подушке падает так, что бак перестает сглаживать давление. В этом случае при каждом цикле «сжатие–расширение» свежая вода закачивается через блок подпитки или вода системы стравливается через клапан максимального давления.

Большинство баков небольшого и среднего объема для систем отопления имеют конструкцию, в которой мембрана делит объем бака на две части. Величины растяжения мембран в баках такой конструкции

значительно выше 100%, что определяет достаточно быстрый износ мембраны. В качестве материала мембран в таких баках большинство производителей используют материал EPDM, обладающий хорошей эластичностью и температурным диапазоном, но имеющий высокую проницаемость для газов.

Кроме EPDM используется более дорогой бутил с существенно меньшей, чем у EPDM проницаемостью для газов (примерно в 12 раз для кислорода). Поэтому мембраны из бутила применяются, как правило, в баках большего объема с мембраной в виде камеры [4].

Благодаря своей конструкции баки с бутиловыми камерами имеют большую надежность (небольшие деформации, изоляция теплоносителя от металла) и меньшую проницаемость для газов.

Состояние газов в системе

Любая система содержит внутри себя смесь теплоносителя и газов. Газы могут находиться в воде в виде воздушных полостей, пузырьков, микропузырьков и в растворенном состоянии. В процессе заполнения системы газы собираются в верхних зонах, вытесняя воду. Если удаление воздуха не организовано как следует, там образуются воздушные пробки.

Концентрация растворенного в воде газа в равновесии определяется законом Генри и зависит от температуры и давления газа у поверхности жидкости. Таким образом, в зонах существования пробок газ и жидкость находятся в почти равновесном состоянии. При снижении давления или увеличении температуры газ выходит из жидкости в виде пузырьков. При увеличении давления или снижении температуры газ растворяется в жидкости. Так как вода циркулирует внутри системы, попадая по пути в зоны с разным давлением и тем-



Рис. 3. Автоматический поплавковый воздухоотводчик

пературой, воздух внутри нее может переходить из растворенного состояния в пузырьковое и наоборот. Пузырьки переносятся в потоке теплоносителя. В большинстве случаев турбулентный поток достаточно силен и практически не дает возможности микропузырькам всплывать. По отдельности микропузырьки практически не заметны и в массе кажутся молочной смесью. Они имеют тенденцию прилипать и объединяться друг с другом на твердой поверхности [5].

Удаление газов из системы

Вопросы деаэрации особенно актуальны в сложных разветвленных системах с большими объемами теплоносителя и непростой геометрией, например в высотных зданиях, системах с протяженными коммуникациями, в том числе с пластиковыми трубами. Наличие большого количества локальных возвышений и потенциальных источников газа усложняет задачу.

Грамотно спроектированная и смонтированная система, как правило, сама удаляет большую часть воздуха в течение короткого времени после запуска и обеспечивает низкие концентрации воздуха внутри в процессе работы. Устройство деаэрации снижает концентрацию газа

Таблица 1. Назначение сепараторов различного типа

Сепараторы воздуха	Удаление микропузырьков из жидкости, устанавливаются в точках системы с максимальной температурой
Сепараторы шлама	Удаление нерастворимых частиц (шлама) из жидкости, устанавливаются в начале контура циркуляции или перед устройствами, которые нужно защитить от шлама
Комбинированные сепараторы воздуха и шлама	Одновременное удаление воздуха и шлама, удаление воздуха имеет приоритет по сравнению с функцией удаления шлама

в потоке воды в данном месте, вода в данной точке становится ненасыщенной (т. е. способной поглощать газ). Циркулируя и переходя далее в зону с воздушной пробкой, вода поглощает газ. Порция поглощенного газа в свою очередь удаляется из воды в точке установки деаэратаора.

К наиболее распространенным устройствам дегазации относятся воздухоотводчики, сепараторы и деаэраторы. В статье обсуждается применение воздухоотводчиков, сепараторов и малогабаритных вакуумных деаэраторов.

Воздухоотводчики

Предназначены для стравливания воздуха при заполнении системы водой и удаления воздушных полостей и пробок в процессе работы в месте установки. Воздухоотводчики размещаются в верхних точках системы, в местах локальных возвышений и на радиаторах.

При удалении воздушных пробок концентрация газа в воде практически не снижается, поскольку приборы не предназначены для извлечения микропузырьков или растворенного газа из теплоносителя.

В сложных системах невозможно установить воздухоотводчики во всех точках локальных возвышений, поэтому наличие даже большого количества приборов не гарантирует удаление пробок [6, 7].

Наряду с баками, воздухоотводчики являются уязвимыми элементами. В сложных системах с большим количеством воздухоотводчиков, установленных в труднодоступных для обслуживания и инспекции местах, сложно оценить качество их работы и состояние. Дешевые модели, как правило, слабо защищены от блокирования грязью и механическими частицами. В случае попадания частиц на поверхность клапана (рис. 3) прибор становится источником течи. Автоматические

поплавковые воздухоотводчики удаляют воздушные пробки и пузыри по мере их появления в автоматическом режиме. Воздухоотводчики этого типа обеспечивают большую герметичность и лучше защищены от попадания грязи.

Сепараторы для удаления воздуха и шлама

Сепараторы обеспечивают удаление микропузырьков воздуха и шлама из потока воды и объединяют в себе функции воздухоотводчиков, фильтров и – до некоторой степени – деаэраторов. Сепараторы не требуют расходных материалов, энергии и сервисного обслуживания, они работают несколько десятков лет, имеют простую и надежную конструкцию без движущихся частей. За несколько десятилетий с момента изобретения сепараторы стали стандартным элементом в котельных, тепловых сетях и системах охлаждения.

Универсальный сепаратор представляет собой металлический баллон с воздухоотводчиком наверху, вентилем для сброса шлама внизу и неподвижным механическим сепарирующим элементом внутри. Элемент внутри сепаратора обеспечивает быструю транспортировку микропузырьков наверх и осаждение нерастворимых частиц внизу при прохождении потока воды через сепаратор. Сепараторы различных фирм, как правило, отличаются разным типом сепарирующих элементов. Одним из наиболее эффективных элементов является лепестковая спираль с профилированной поверхностью из нержавеющей стали, установленной вертикально вдоль сепаратора.

Автоматический поплавковый воздухоотводчик сепаратора выводит накапливающийся наверху воздух, а периодическое удаление шлама осуществляется вручную с помощью шарового вентиля вни-



Рис. 4. Сепараторы различного типа: а) воздуха; б) шлама; в) комбинированный сепаратор

зу сепаратора. В обоих случаях система не разгерметизируется. При начальном заполнении системы водой большие воздушные пузыри быстро удаляются с помощью специального вентиля в корпусе воздухоотводчика. Сепараторы устанавливаются вертикально. В соответствии с функциями существуют три типа сепараторов (рис. 4).

По производительности сепараторы разделяются на промышленные (потоки 5–2000 м³/ч, разборный/неразборный корпус) и сепараторы для небольших объектов (потоки до 5 м³/ч, латунный корпус). Все сепараторы из латуни собираются из базовых элементов и легко трансформируются.

Эффект глубокой очистки от шлама и дегазации достигается за счет неоднократного прохождения жидкости через сепаратор при циркуляции. Таким образом, сепараторы используются только в циркуляционной схеме. С помощью сепараторов можно добиться быстрого и практически полного удаления шлама с размером частиц до 10 мкм. Их гидравлическое сопротивление в процессе работы близко к нулю и практически не меняется.

Эффект применения сепараторов зависит от грамотного выбора места инсталляции. Для оптимальной работы воздухоотводчиков и сепараторов в качестве устройств дегазации необходимо учитывать, что воздухоотводчики предназначены для удаления воздушных пузырей и пробок, а сепараторы, помимо этого, улавливают микропузырьки и механические частицы непосредственно из потока и удаляют их из системы. Так как сепараторы удаляют воздух, находящийся в микропузырьковом состоянии, для дегазации их необходимо устанавливать в тех зонах, где возможно образование микропузырьков. Эффективность применения микропузырьковых сепараторов для дегазации

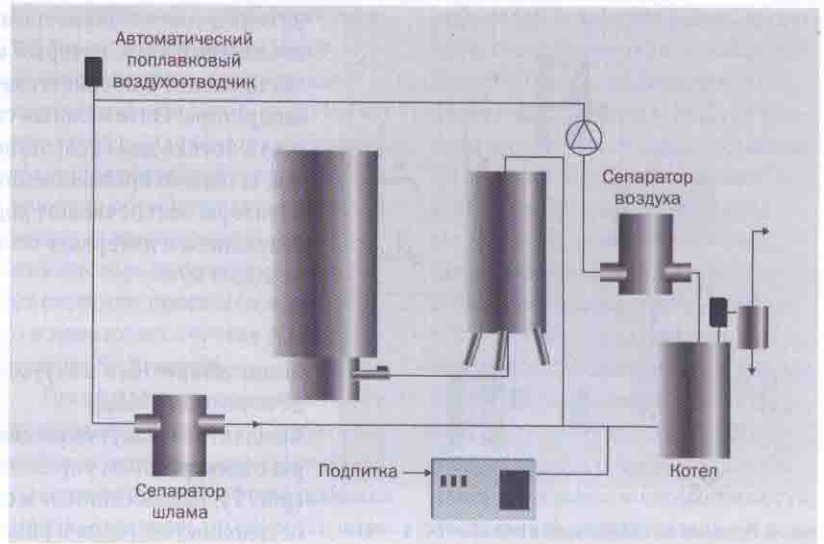


Рис. 5. Оптимальное расположение сепараторов в системе отопления

увеличивается при снижении статической высоты и увеличении температуры в точках их размещения. Сепараторы для удаления воздуха рекомендуется устанавливать после котлов или источников тепла в системах отопления либо в нагретом обратном потоке в системах охлаждения в наиболее высоких точках (рис. 5). Если скорость коррозии невелика, сепараторы могут удалять значительный объем кислорода. Таким образом, сепараторы полностью решают проблему завоздушивания и шумов, снижают скорость коррозии. Конечная концентрация газов будет равна величине равновесной концентрации в точке установки сепаратора при данных температуре и давлении.

Сепараторы шлама обычно устанавливаются перед прибором, который надо защитить от грязи или в начале контура циркуляции (на рис. 5 – слева от котла). При достаточной скорости циркуляции, когда большая часть нерастворимых частиц переносится в потоке, можно добиться практически полной очистки от шлама всей системы. Удаление шлама также снижает скорость коррозии, так как ис-

ключаются очаги ее образования. В системах горячего водоснабжения, а также в средних и крупных системах отопления часто используются дополнительные устройства защиты от коррозии и накипи. Традиционным является использование дозирующих устройств. Аппараты вносят химические реагенты пропорционально объему воды подпитки для связывания кислорода и углекислоты, а также для осаждения накипи и защиты поверхности от коррозии. Возможно также применение электромагнитных аппаратов [8].

На рис. 6 показан электронный ингибитор накипи. В обоих случаях процессы зачастую сопровождаются выпадением механических частиц и образованием газов. Особенно интенсивно идет образование шлама при удалении старых отложений. В этом случае установка в циркуляционном контуре сетчатых или картриджных фильтров связана с риском блокировки циркуляционного потока, даже если используются дорогостоящие промывные фильтры с автоматическим контролем. Применение сепараторов для дегазации (в верхней точке систе-

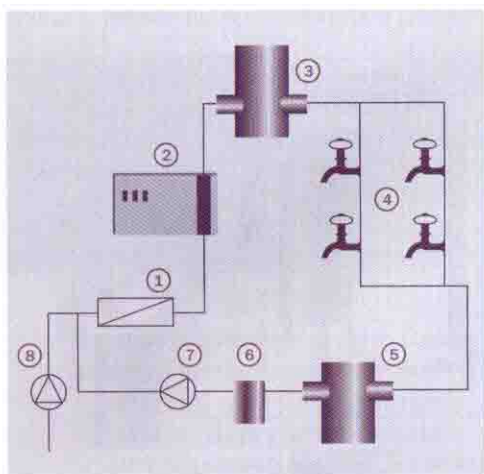


Рис. 6. Применение сепараторов в системе ГВС: 1 – теплообменник; 2 – «электронный умягчитель»; 3 – сепаратор воздуха; 4 – краны; 5 – сепаратор шлама; 6 – дозирующий насос; 7 – циркуляционный насос; 8 – повысительный насос

мы, рис. 6) и удаления шлама (внизу перед циркуляционными насосами или теплообменниками) позволяет достаточно просто избавиться от многих подобных проблем.

Сегодня сепараторы являются наиболее простым и эффективным устройством, удаляющим газы и шлам из циркуляционных контуров без разгерметизации систем и без риска блокировки циркуляционного потока.

Сепаратор не может забиться грязью, его сопротивление практически не меняется. При удалении старых отложений продуктов коррозии и появлении в воде железосодержащих частиц особенно эффективно применение сепараторов с магнитными ловушками.

Сепараторы для защиты котельных и магистральных труб большого диаметра можно устанавливать на байпасных линиях для обработки 15–20% потока.

Основными параметрами при выборе типоразмера является скорость движения теплоносителя через сепаратор и величина потока Q ($\text{м}^3/\text{с}$). Типоразмер сепарато-

ра определяется диаметром присоединения в мм, который в виде чисел входит в обозначение марки сепаратора. Оптимальная скорость потока для сепарации – 1 м/с, однако промышленные сепараторы обеспечивают хорошие результаты в интервале скоростей от 1 до 3 м/с.

Малогабаритные вакуумные деаэраторы (МВД)

Компактные вакуумные деаэраторы с электронным управлением (рис. 7), разработанные в середине девяностых годов в ряде стран, обеспечивают надежное удаление всех газов внутри отопительных систем, котельных, систем охлаждения и водоснабжения с небольшими объемами подпитки. Такие деаэраторы не требуют сервисного обслуживания, расходных материалов и пара. Как правило, работа малогабаритных вакуумных деаэраторов включает следующие операции:

- порция воды закачивается в рабочую камеру деаэратора и изолируется на некоторое время;
- в рабочей камере с помощью встроенного в деаэратор вакуумного насоса создается разрежение – давление –1 атм;
- для увеличения скорости дегазации внутри деаэратора организуется внутренний циркуляционный поток, расщепляемый на струи;
- растворенный воздух переходит в микропузырьки и скапливается наверху;
- воздушная подушка стравливается через воздухоотводчик из рабочей камеры деаэратора;
- деаэрированная порция воды поступает в систему.

Бывают модели для дегазации теплоносителя в системе (отопления или охлаждения) и со встроенными блоками подпитки.

Деаэраторы первого типа расчи-

таны только на деаэрацию воды в системе – деаэратор многократно обрабатывает воду в течение заданного интервала времени или до достижения в ней нужной концентрации. Модели второго типа оснащены дополнительными блоками, в которых вода подпитки обрабатывается однократно и поступает в систему. Остальное время деаэратор обрабатывает воду системы так же, как модели первого типа. В этом случае при необходимости добавления воды в систему в деаэратор из водопровода закачивается порция воды, производится дегазация и подача в систему. Дегазация воды подпитки имеет приоритет.

Электронный блок управления позволяет гибко регулировать режимы деаэрации и подпитки.

В частности, можно задавать продолжительность и время начала работы, а также работать в режиме поддержки определенной концентрации. Предусматривается режим непрерывной работы для дегазации после заполнения водой системы и режим тренировки насоса при длительном бездействии. Вакуумные деаэраторы, как правило, обеспечивают:

- автоматическую работу с самонастройкой;
- гибкое регулирование режимов работы;
- контроль концентрации газа в жидкости;
- контроль над работой внешней системы подпитки;
- функции самодиагностики и определения утечек.

При многократной обработке воды системы традиционная классификация малогабаритных вакуумных деаэраторов по производительности (обработанный поток в единицу времени) теряет смысл.

В этом случае речь идет об усредненной по времени способности деаэратора поддерживать необходи-

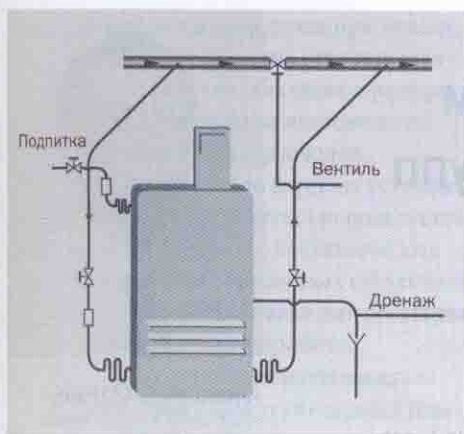


Рис. 8. Типичная схема подключения вакуумного деаэратора

мую общую концентрацию растворенных газов в заданном объеме системы. Поэтому модели вакуумных деаэраторов различаются по максимальной величине объема системы, который они могут обслуживать, при условии, что систему можно считать закрытой (т. е. при потоках подпитки ориентировочно до 1% объема системы в день).

Различные модели современных деаэраторов МВД рассчитаны на обслуживание закрытых систем в интервале объемов от 20 до 200 м³. Конечная концентрация газов в теплоносителе системы зависит как от характеристик вакуумного деаэратора и места установки, так и от скорости натекания газов, термодинамических параметров, потоков подпитки. Вакуумные деаэраторы МВД обеспечивают во время работы разрежение близкое к 100%. Такой тип дегазации может считаться универсальным и обеспечивает удаление всех растворенных газов, в том числе азота и углекислого газа.

Малогабаритные вакуумные деаэраторы могут обеспечить удаление смеси газов из систем отопления и охлаждения в закрытых системах до общего уровня порядка миллилитр/литр, что в принци-

пе сопоставимо с характеристиками термических деаэраторов.

Нужно отметить, что речь идет именно о смеси газов, включая такие трудно удаляемые компоненты, как углекислый газ и азот. Так как вода обрабатывается периодически, стационарная концентрация кислорода в системе зависит от скорости процессов коррозии и в некоторых случаях достигает уровня 5–10 мкг/л.

Поскольку вода подпитки перед попаданием в систему обрабатывается в течение только одного цикла, производительность этого процесса можно оценивать по скорости потока. Производительность обработки потоков подпитки для серийных моделей вакуумных деаэраторов лежит в интервале 0,3–0,5 м³/ч. При однократной обработке потока подпитки удаляется более 80% содержащихся в воде газов, однако степень деаэрации зависит от температуры воды подпитки.

Максимальная температура воды для нормальной работы вакуумного деаэратора ограничена интенсивностью испарения в процессе деаэрации и имеет верхний предел 90 °С. Оптимальная температура работы – 60 °С. При выборе модели существенное значение имеет рабочее давление в системе (максимальное рабочее давление деаэраторов такого типа, как правило, не выше 10 бар). Вакуумные деаэраторы подключают параллельно основному циркуляционному кольцу (рис. 8). При необходимости обслуживания систем большого объема или систем с большими потоками подпитки можно использовать несколько деаэраторов, включенных параллельно циркуляционному контуру в разных местах.

В заключение

Существующая тенденция отсоединения тепловых сетей от пот-

ребителей оставляет решение проблем водоподготовки за владельцами объектов. Использование химических методов требует квалификации и постоянного контроля. Однако во многих случаях применение простых рецептов и устройств позволяет избежать неприятностей. Так, поддержка необходимого давления снижает риск утечек из воздухоотводчиков, образования пробок и кавитации. Использование качественных расширительных баков позволяет забыть о диффузии газов через мембраны и необходимости постоянной подкачки газа в баки. Контроль объемов подпитки в закрытых системах помогает вовремя заметить появление течи. Использование сепараторов и малогабаритных вакуумных деаэраторов во многих случаях решает проблемы качества воды внутри системы ■

Литература, использованная при подготовке материала:

1. Федоров С.А. Пути попадания газов в системы отопления и некоторые особенности деаэрации//СОК № 4, 2007.
2. Pneumatex Technical Guide, Air (problems, causes, technology). 2006.
3. Слепченко В.С. Пути борьбы с кислородной внутренней коррозией//Новости теплоснабжения № 4, 2005.
4. Федоров С.А. Поддержание давления в системах отопления//АВОК № 8, 2006.
5. John Siegentaler Modern hydronic heating. 1995.
6. Федоров С.А. Дегазация и удаление шлама – рецепт нормальной работы систем теплоснабжения//Новости теплоснабжения № 12, 2006.
7. Федоров С.А. Дегазация и удаление шлама с помощью сепараторов//АВОК № 7, 2006.
8. Федоров С.А. Магнитные и электронные ингибиторы накипи//Новости теплоснабжения № 7, 2007.