

## Дегазация и удаление шлама – рецепт нормальной работы систем теплоснабжения

К. т. н. С. А. Федоров, директор, ООО «Манометр-Терма», г. Москва

**Э**ффективность работы систем тепло- и водоснабжения после запуска определяется качеством воды, поддержкой необходимых параметров эксплуатации, своевременностью сервисных работ и другими параметрами.

Наибольшие проблемы при эксплуатации, как правило, связаны с качеством воды и наличием газов внутри системы. Кавитация, образование воздушных пробок, коррозия и появление отложений могут быстро вывести из строя даже самые современные устройства.

Однако распознать эти проблемы, особенно на начальном этапе, довольно сложно. Большинство потребителей не имеет представления о составе воды на входе и его изменениях в процессе эксплуатации. Кроме того, последствия нарушений становятся заметными только через некоторое время. Задача усложняется и тем, что концентрацию газов в системе довольно сложно определить, поскольку после отбора пробы состав газов в отобранной на анализ воде меняется, а для выведения системы из строя достаточно небольших по бытовым меркам объемов воздуха.

Поиск причин, как правило, начинается после появления косвенных признаков – снижение напора и температуры, появление ржавой воды, булькающих звуков, течей и т.д. Тем не менее, в большинстве случаев достаточно придерживаться простых правил при проектировании и эксплуатации, чтобы избежать многих проблем. Ниже перечислены наиболее важные, с нашей точки зрения, из них.

1. В каждой точке системы должно поддерживаться избыточное давление, достаточное для устранения кавитации и возможности подсоса атмосферного воздуха. В этом случае даже при разгерметизации системы газ не будет поступать внутрь. Нужно учитывать взаимное расположение циркуляционных насосов и расширительных напорных баков (или повысительных насосов). Необходимо обеспечить избыточное давление в воздухоотводчиках, т.к. при отрицательном давлении большинство этих приборов пропускает воздух внутрь.

2. Система должна быть полупрозрачной для газов, обеспечивая дегазацию и герметичность, т.е. не пропускать воздух внутрь. Здесь важно

наличие, расположение и техническое состояние воздухоотводчиков, устройств деаэрации и расширительных баков или систем поддержки давления. В некоторых напорных баках скорость диффузии газов через мембрану из воздушной подушки в воду настолько велика, что через полгода-год газ из подушки практически исчезает, и 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.

3. Большое количество газа может поступать с водой подпитки в растворенном состоянии. Поэтому в закрытых системах необходимо контролировать объем поступающей свежей воды. Увеличенные потоки могут означать наличие течей или некачественный мембранный бак (см. выше).

4. Нужно обратить внимание на применимость или сочетаемость материалов в одной системе или устройстве. Использование металлов без должной коррозионной защиты. Сочетание металлов, образующих гальваническую пару (например, медь – железо) приводит к интенсивной электролитической коррозии. Использование пластика с высоким коэффициентом диффузии для газов приведет к коррозии металлических компонентов системы.

5. Поскольку скорость коррозии сильно зависит от температуры, важно соблюдать нужный температурный режим. Для систем горячего водоснабжения с большим количеством воды подпитки и высокой концентрацией газов оптимальный диапазон – 50-60 °С.

6. Необходимо обеспечить удаление механических примесей. Присутствие механических частиц в воде может вызвать:

- повреждение насосов, радиаторных вентилях или другой техники;
- коррозию под осевшими крупными частицами или слоем шлама.

Приведенные выше рецепты не решают всех проблем, но могут помочь во многих случаях.

Грамотно спроектированная и смонтированная система, как правило, сама удаляет большую часть воздуха в течение нескольких дней после запуска и обеспечивает низкие концентрации воздуха внутри в процессе работы. Уст-

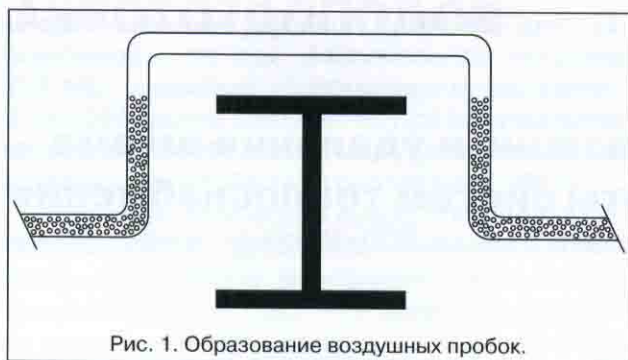


Рис. 1. Образование воздушных пробок.

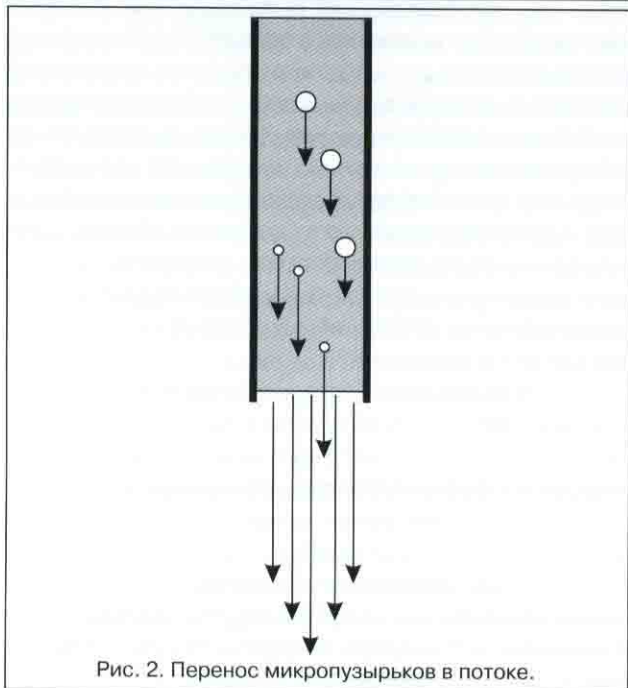


Рис. 2. Перенос микропузырьков в потоке.

ройства удаления газов являются обязательными в современных системах отопления и водоснабжения. Только тщательное удаление воздуха при наполнении и эффективная дегазация в процессе работы могут обеспечить надежную и длительную работу системы. Это в особенности относится к сложным разветвленным системам, системам с потолочным охлаждением и подогревом полов. К наиболее распространенным устройствам дегазации относятся воздухоотводчики, сепараторы и деаэраторы. Ниже мы рассмотрим применение воздухоотводчиков и сепараторов.

### Газы в системе

Любая система содержит внутри себя смесь теплоносителя и газа, который попадает внутрь как при наполнении системы, так и в процессе работы с водой подпитки, через мембраны расширительных баков, пластик или арматуру.

Газы могут находиться в воде в виде воздушных полостей, пузырьков и микропузырьков и в растворенном состоянии. В процессе заполнения системы газы собираются в верхних зонах, вытесняя воду. Если удаление воздуха не орга-

низовано как следует, там образуются воздушные пробки (рис. 1).

Концентрация растворенного в воде газа в равновесии определяется законом Генри и зависит от температуры и давления газа у поверхности жидкости. 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 температурой, 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 пузырькам всплывать (рис. 2). Микропузырьки практически не заметны для глаза по отдельности и кажутся в массе молочной смесью. Пузырьки имеют тенденцию прилипать и объединяться друг с другом на твердой поверхности.

### Воздухоотводчики

Для эффективного использования воздухоотводчиков необходимо принимать во внимание, что эти устройства предназначены в основном для стравливания воздуха при заполнении системы водой и для удаления накапливающихся воздушных полостей и пробок в процессе работы. Они не предназначены для удаления воздуха из потока воды (см. ниже раздел «Оптимальные схемы установки») и размещаются в верхних точках системы, в местах локального возвышения и на радиаторах.

Воздухоотводчики наряду с расширительными баками являются самыми уязвимыми элементами. В сложных системах с большим количеством воздухоотводчиков, установленных в труднодоступных для обслуживания и инспекции местах, сложно оценить качество их работы.

Простейшим элементом для удаления воздуха является ручной воздухоотводчик, открывающийся и закрывающийся вручную. Низкая цена (и иногда качество) зачастую не компенсирует трудоемкость обслуживания, особенно при расположении в наиболее высоких точках системы. Эти воздухоотводчики достаточно слабо защищены от блокирования грязью и механическими частицами. Не удаленные вовремя воздушные полости могут снова поглотиться водой при изменении режима работы системы, дополнительно стимулируя коррозию.

Автоматические поплавковые воздухоотводчики удаляют воздушные пробки и пузыри по мере их появления в автоматическом режиме. Большие воздушные пробки способны заблокировать циркуляцию в системе. Такие ситуации невозможны при использовании автоматических воздухоотводчиков, установленных в точ-

Ш-ах возможного накопления воздуха. Воздухоотводчики этого типа обеспечивают лучшую герметичность и защищены от попадания грязи.

На рис. 3 представлена конструкция автоматических поплавковых воздухоотводчиков (здесь и далее приводятся характеристики воздухоотводчиков и сепараторов одного из западных производителей – прим. ред.). При образовании и росте воздушной подушки в верхней части камеры воздухоотводчика поплавок 7, соединенный цепочкой с рычагом клапана 2, начинает опускаться. Клапан открывается и стравливает воздух через T-образное отверстие 1 на выходе 4. Поплавок поднимается, и клапан закрывается. Специальная конструкция гарантирует отсутствие течей. В случае, если это все же произойдет, вывинтив винт с флуоресцентным покрытием из гнезда 3 и крутив его в канал 1, можно заблокировать течь для устранения проблемы. Цветная шляпка винта будет сигналом нерабочего режима воздухоотводчика. T-образное отверстие 1 для выхода воздуха не может быть заблокировано конденсатом, который сливается вниз через нижний канал. Прецизионный механизм клапана 2 с длинным рычагом и надежной защитой позволяет плавно регулировать скорость сброса воздуха. Большая тонусная камера 6 снижает колебания поплавка при разрыве воздушных пузырей. Максимально возможный диаметр основания камеры 10 облегчает выпадение шлама из зоны турбулентности. Пластина 8 с тремя отверстиями снижает турбулентность в верхней зоне. Специальная конструкция поплавка 7 с гибкой подвеской устойчива и оптимальна для прохождения пузырьков вверх. Большой диаметр входного отверстия 9 снижает риск капиллярной блокировки пузырьком (рекомендуется диаметр минимум  $1\frac{1}{2}$ ). Отбойник 5 препятствует попаданию грязи в механизм клапана.

### Сепараторы воздуха и шлама

За более чем 30 лет с начала промышленного производства сепараторы для удаления воздуха и шлама стали стандартным элементом в котельных и тепловых сетях. Сепараторы обеспечивают удаление микропузырьков воздуха и шлама из потока воды. Сепараторы не требуют расходных материалов, энергии и сервисного обслуживания, они работают несколько десятков лет, имеют простую и надежную конструкцию без движущихся частей.

Универсальный сепаратор представляет собой металлический цилиндр с воздухоотводчиком наверху, вентилем для сброса шлама внизу и неподвижным механическим сепарирующим элементом внутри. Элемент внутри сепаратора обеспечивает быструю транспортировку микропузырьков вверх и осаждение нерастворимых частиц внизу при прохождении потока воды через сепаратор. Сепараторы разных фирм, как

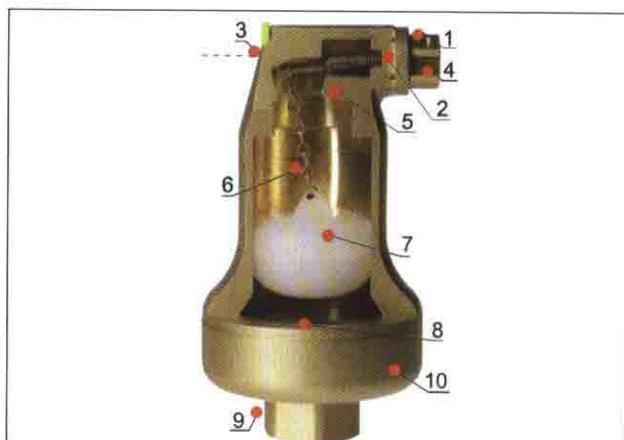


Рис. 3. Конструкция автоматического поплавкового воздухоотводчика западного производства:  
1 – T-образное отверстие; 2 – рычаг клапана; 3 – гнездо; 4 – выход; 5 – отбойник; 6 – верхняя часть камеры воздухоотводчика; 7 – поплавок; 8 – пластина с тремя отверстиями; 9 – входное отверстие; 10 – камера.



Рис. 4. Сепаратор с лепестковой спиралью.

правильно, отличаются разным типом сепарирующих элементов. В рассматриваемых сепараторах в качестве такого элемента используется лепестковая спираль с профилированной поверхностью из нержавеющей стали, установленной вертикально вдоль оси сепаратора (рис. 4).

Конструкция сепараторов этого типа обеспечивает:

- снижение скорости потока воды и создание зон покоя, тем самым создается возможность пузырькам воздуха подниматься вверх, а частицам шлама оседать под действием силы тяжести вниз;
- центробежный эффект – частицы шлама отжимаются к внешней стенке сепаратора и оседают на дно, микропузырьки концентрируются в центре и поднимаются вверх вдоль центрального канала;
- абсорбцию микропузырьков на поверхности большой площади, их объединение и подъем вверх;

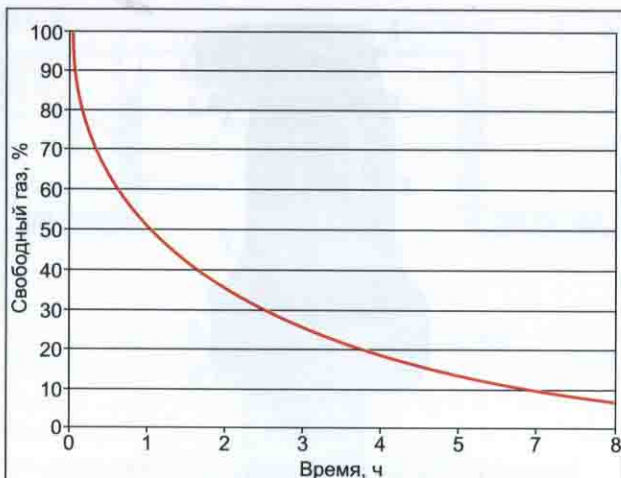


Рис. 5. Зависимость содержания воздуха в воде (микропузырьки) от времени работы аппаратов в тестируемой системе (уровень 100% – 7,5 мл/л при нормальных условиях).

■ небольшой и неизменный перепад давления (порядка 0,02 бар).

Автоматический поплавковый воздухоотводчик сепаратора выводит накапливающийся наверху воздух, а периодическое удаление шлама осуществляется вручную с помощью шарового вентиля внизу сепаратора. В обоих случаях система не разгерметизируется. При начальном заполнении системы водой большие воздушные пузыри быстро удаляются с помощью специального вентиля в корпусе воздухоотводчика. Сепаратор устанавливается вертикально. На рис. 5 представлена зависимость содержания воздуха в воде от времени работы наиболее эффективного, по данным дрезденского энерготехнического института (Германия), аппарата в тестируемой системе.

В соответствии с функциями существуют три типа сепараторов (рис. 6).

1. **Сепараторы воздуха** обеспечивают удаление микропузырьков из жидкости; устанавливаются в точках системы с максимальной температурой и минимальным давлением.

2. **Сепараторы шлама** обеспечивают удаление нерастворимых частиц (шлама) из жидкости; устанавливаются в начале контура циркуля-

ции или перед устройствами, которые нужно защитить от шлама.

3. **Комбинированные сепараторы воздуха и шлама** обеспечивают одновременное удаление воздуха и шлама (удаление воздуха имеет приоритет по сравнению с функцией удаления шлама).

Основным параметром при выборе типоразмера является величина потока через сепаратор. Например, эффективная обработка потока 30 м<sup>3</sup>/ч обеспечивается сепаратором Ду 100 мм (при скорости потока 1 м/с). При увеличении скорости потока и том же объеме потока условный диаметр сепаратора должен быть увеличен.

Эффект глубокой очистки и дегазации достигается за счет неоднократного прохождения жидкости через сепаратор при циркуляции. Таким образом, сепараторы требуют циркуляционной схемы включения, в отличие от однопроводной в случае использования механических фильтров. С помощью сепараторов можно добиться 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 для дегазации системы зависит от грамотного выбора места установки.

### Оптимальные схемы установки

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 непосредственно из потока и удаляют их из системы, т.е. производят активную дегазацию системы.

На рис. 7 представлены скорости дегазации из потока при инсталляции воздухоотводчиков в разных зонах системы в сравнении с сепаратором. Расположение приборов указано на схеме рис. 8.

Из данных рис. 7 видно, что скорость дегазации сепаратора на порядки превышает скорости дегазации воздухоотводчиков в разных позициях. Воздухоотводчики должны устанавли-



Рис. 6. Существующие типы сепараторов: а – сепараторы воздуха; б – сепараторы шлама; в – комбинированные сепараторы воздуха и шлама.

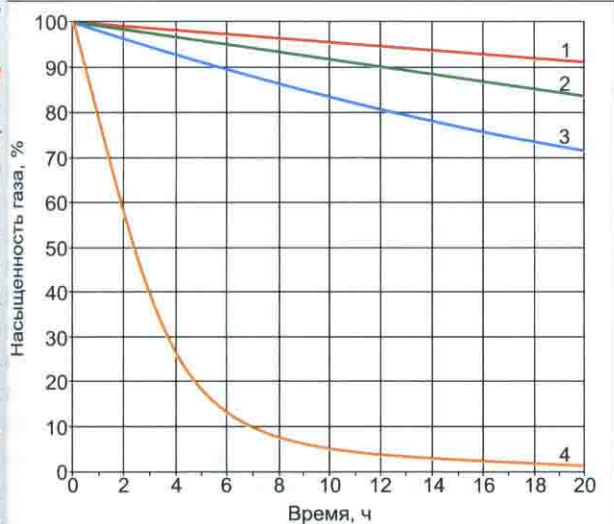


Рис. 7. Зависимость содержания воздуха в системе от времени работы сепаратора (4) и воздухоотводчиков (1-3) в разных точках системы (к рис. 8):  
1 – на восходящем вертикальном участке;  
2 – на горизонтальном; 3 – на нисходящем; 4 – сепаратор.

вместе в местах возможного скопления воздуха в верхних точках (рис. 9). Но они не могут полностью решить задачу дегазации, особенно в случае сложной геометрии системы.

Так как сепараторы удаляют воздух, находящийся только в микропузырьковом состоянии и из воздушных полостей, для дегазации системы их необходимо устанавливать в тех зонах, где возможно образование микропузырьков.

Поскольку давление и температура в разных точках системы разные, необходимо предварительно определить зоны, где могут образовываться пузырьки, как правило, это места с наивысшей температурой и минимальным давлением. В этих точках микропузырьки могут генерироваться естественным образом. Только в этих зонах сепараторы могут эффективно удалять газы. Таким образом, эффективность применения микропузырьковых сепараторов увеличивается при снижении статической высоты и увеличении температуры в точках их размещения. Если давление превышает пороговое и воздух не переходит в микропузырьковую форму даже при повышении температуры, применение сепараторов для дегазации в этих зонах неэффективно.

Сепараторы воздуха рекомендуется устанавливать после нагревательных элементов (например, котлов) в системах отопления либо в нагретом обратном потоке в системах охлаждения в наиболее высоких точках.

При установке сепараторов воздуха желательно, чтобы статическое давление в зоне установки не превышало указанные в таблице значения при данной температуре.

При установке сепаратора воздуха в оптимальной точке через некоторое время после начала работы концентрация микропузырьков в

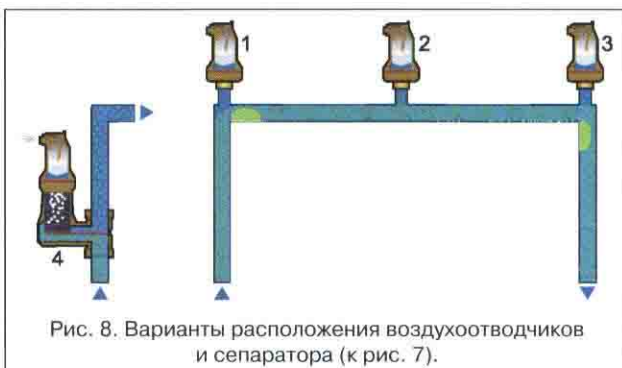


Рис. 8. Варианты расположения воздухоотводчиков и сепаратора (к рис. 7).

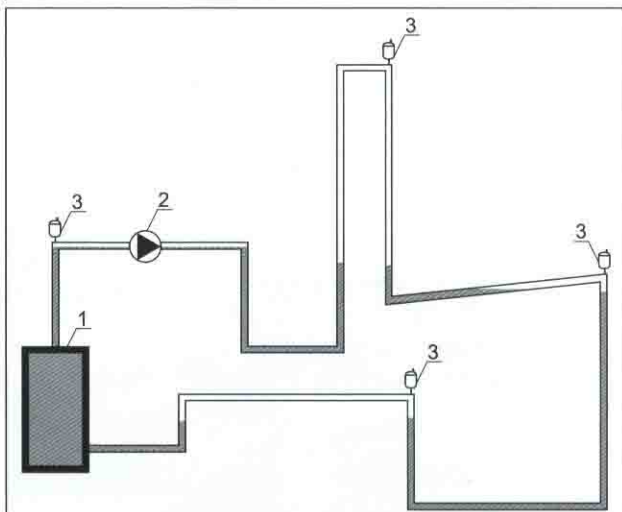


Рис. 9. Оптимальное расположение воздухоотводчиков: 1 – источник тепла; 2 – насос; 3 – воздухоотводчик.

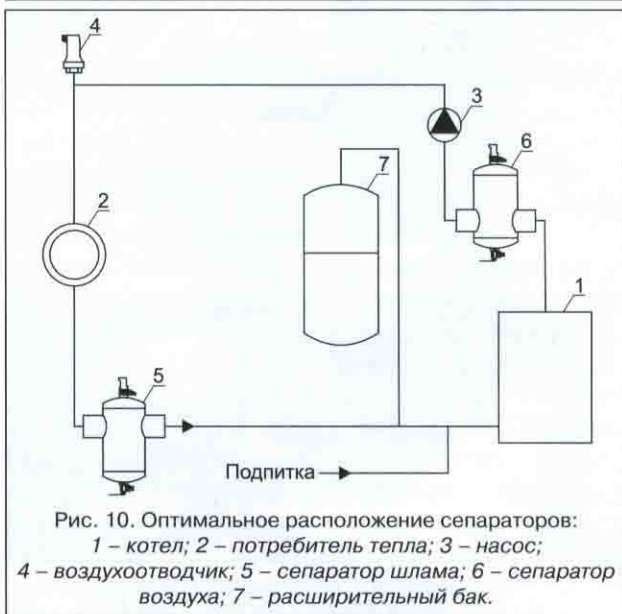


Рис. 10. Оптимальное расположение сепараторов: 1 – котел; 2 – потребитель тепла; 3 – насос; 4 – воздухоотводчик; 5 – сепаратор шлама; 6 – сепаратор воздуха; 7 – расширительный бак.

данной точке теоретически стремится к нулю (рис. 7). При этом вода в остальных частях системы становится ненасыщенной и поглощает воздух в зонах, где он находится или появляется в свободном состоянии, например из пробок. При циркуляции, когда эта порция воды попадает в зону расположения сепаратора, новые микропузырьки снова удаляются сепаратором. Таким образом, с помощью одного сепаратора

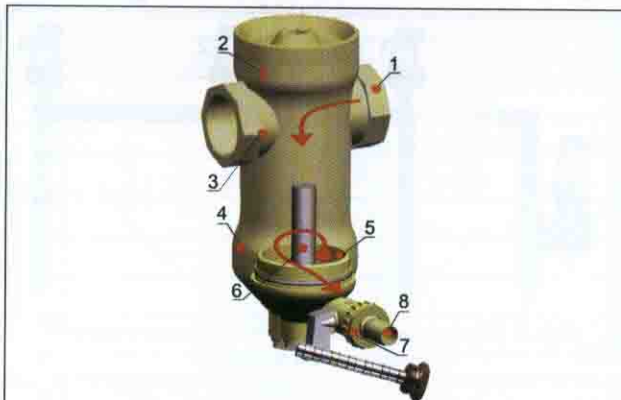


Рис. 11. Сепаратор с магнитной ловушкой:

1 – резьбовое присоединение к системе; 2 – корпус; 3 – лепестковый элемент для сепарации; 4 – камера шламосборника; 5 – боковое смещение – тангенциальный эффект при сбросе шлама; 6 – гильза магнита; 7 – шаровой вентиль сброса шлама; 8 – горизонтальное размещение вентилля создает вихревой поток.



Рис. 12. Примеры установки сепараторов:  
а – ЦТП Ленинградского вокзала, г. Москва;  
б – ЦТП университета Абердин, Великобритания.

воздуха, установленного в оптимальном месте, можно удалить воздушные полости из всего контура и провести его дегазацию. 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 гря-

**Таблица.** Изменение требуемой величины статического давления для установки сепараторов в зависимости от температуры.

$t_{\text{max}}, ^\circ\text{C}$	90	80	70	60	50	40	30
$P_{\text{ст}}, \text{М в.ст.}$	15	13	11	9	6	4	2

зи или в начале контура циркуляции (рис. 10, сепаратор слева от котла).

При достаточной скорости циркуляции (но не выше оптимальной для сепарации), когда большая часть нерастворимых частиц переносится в потоке, можно добиться практически полной очистки от шлама всей системы.

Сепараторы данной конструкции позволяют использовать их либо для удаления шлама, либо, поменяв местами воздухоотводчик и шаровой вентиль, для дегазации.

### Сепараторы с магнитными ловушками

Сепараторы с магнитными ловушками (рис. 11) улавливают нерастворимые примеси железа в воде намного эффективней, чем обычные сепараторы. Стержень с мощным магнитом вставляется снизу снаружи в гильзу сепаратора и вынимается перед операцией вымывания шлама без нарушения герметичности системы. Магнитный стержень отделен стенками гильзы от воды и не требует очистки или защиты от коррозии. Гильза сделана из немагнитного материала, поэтому магнетит оседает вниз и затем шлам смывается через вентиль. Для эффективного вымывания вентиль смещен от центра (создание вихревого эффекта).

### Вместо заключения

Диапазон производимых моделей сепараторов позволяет использовать их как для небольших объектов, например коттеджей, так и для защиты объектов мощностью несколько мегаватт и величин потоков несколько сотен кубометров в час, например, крупных котельных и систем водоподготовки. На рис. 12 приведены примеры установки сепараторов.

В системах горячего водоснабжения, как правило, необходимо использовать дополнительные системы защиты от коррозии. Применение сепараторов для дегазации (в верхней точке системы) и удаления шлама (внизу перед циркуляционными насосами или теплообменниками) позволяет достаточно просто и надежно избавиться от свищей, ржавой воды и других проблем.

### Литература

1. *Gase in kleinen und mittleren Wasserheiznetzen. Technische Universität Dresden, Institut für Energietechnik, koordinierter Schlussbericht, AiF Forschungsthema Nr. 11103 B, November 1998.*
2. *Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizungsanlagen, wasserseitige Korrosion. VDI 2035 Bl. 2, Beuth Verlag GmbH, September 1998.*
3. *Modern hydronic heating for residential and light commercial buildings / by John Siegentaler, 1995.*