

# Дегазация и удаление шлама с помощью сепараторов



С. А. Федоров, канд. техн. наук

Практика массового обновления и реконструкции систем теплоснабжения в России в последнее время показывает, что большой объем вложенных средств и применение дорогого оборудования зачастую не гарантируют надежной работы системы. Среди причин многочисленных сбоев одной из главных является проблема качества воды. При этом имеется в виду не только плохое качество поступающей воды подпитки, но и схематические ошибки, в результате которых в систему поступают газы, или отсутствуют элементы защиты. Появление большого количества автономных источников теплоты и закрытых схем, как правило, оставляет решение вопросов качества воды за владельцем или эксплуатирующей организацией, не всегда имеющих достаточного опыта.

**К** традиционным способам борьбы с коррозией, в основном связанных с применением химических средств, в последнее время добавились новые универсальные и простые средства, практически не требующие обслуживания и квалификации. Это, в частности, сепараторы для удаления воздуха и нерастворимых частиц (шлама) и вакуумные деаэраторы. В настоящей статье рассматриваются возможности и особенности применения сепараторов.

## Появление газов в системе

Присутствие газов в теплоносителе может вызывать большое количество проблем в системах отопления – коррозия, грязь, шум, проблемы циркуляции, ухудшение теплопередачи и т. д. Поэтому важно понимать, каким образом газы попадают в систему.

При первом заполнении закрытой системы вода поглощает атмосферный воздух, который состоит из азота  $N_2$  (78 %), кислорода  $O_2$  (21 %) и 1 % смеси различных газов. Примерно 22,1 мл/л воздуха входит в систему в растворенном состоянии [1] с водой подпитки (14,3 мл/л азота  $N_2$  и 7,8 мл/л кислорода  $O_2$ ). При дальнейшем увеличении давления в системе в процессе ее заполнения водой концентрация растворенного воздуха может достигать 40 мл/л и более чем в три раза превышать концентрацию при нормальных условиях (рис. 1). При нагреве равновесные концентрации газа в воде снижаются, избыточный воздух (в основном азот) выделяется в виде пузырей, появление которых в теплоносителе приводит к традиционным проблемам [1].

Большие проблемы вызывает использование открытых схем из-за попадания внутрь большого количества воздуха. Например, железистые отложения в водогрейных котлах в открытых системах составляют в среднем

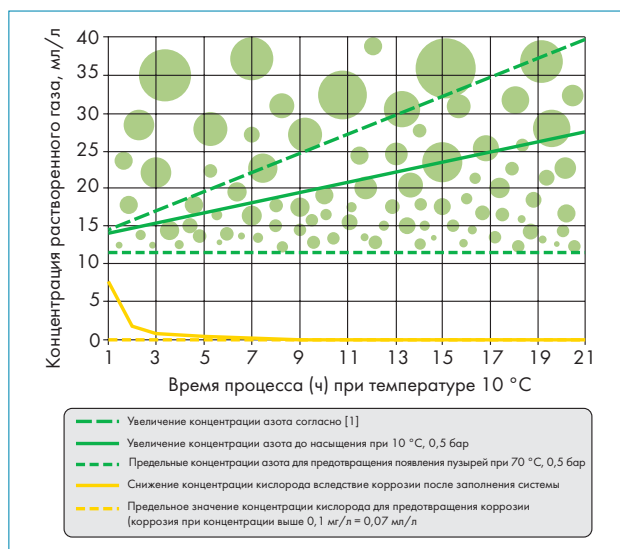
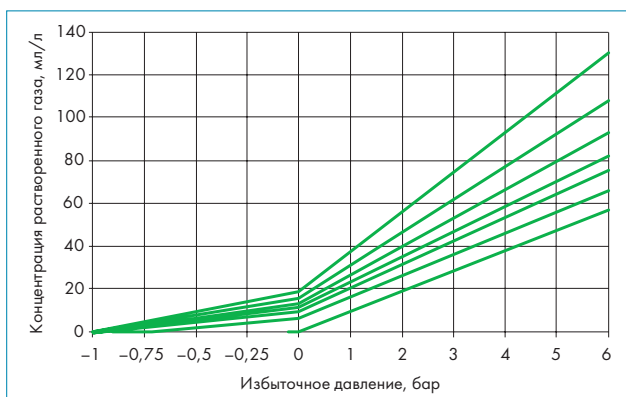


Рис. 1. Зависимости содержания азота и кислорода в воде от времени при заполнении системы

1 200 – 3 900 г/м<sup>2</sup> в год (в закрытых системах 1 000 – 2 000 г/м<sup>2</sup>), скорость коррозии индикаторов в теплосетях – в открытых системах 1,115 мм/год, в закрытых системах – 0,135 мм/год.

Воздух может также попадать в систему через пластик, резину или через арматуру при отрицательном давлении. Особое внимание следует обратить на применение некачественных расширительных баков (или баков с просроченным временем использования мембран), состоянию воздухоотводчиков и грамотному выбору точек инсталляции этих элементов. При использовании пластиковых труб необходимо оценить диффузионные потоки газов внутрь системы и их влияние на



■ Рис. 2. Закон Генри. Концентрации азота в воде при разных давлениях и температурах

металлические элементы системы. Если все компоненты системы работают нормально, очень простым способом оценки поступления газов внутрь является контроль потока воды подпитки с помощью счетчика.

Поскольку кислород чрезвычайно активен при взаимодействии с незащищенным устойчивой оксидной пленкой железом концентрация кислорода после заполнения за несколько часов может снизиться с 7,8 мл/л до 0,07 мл/л [2]. Можно условно считать концентрацию 0,1 мл/л нижним пределом активного процесса коррозии. Различные материалы в сочетании с компонентами в воде могут приводить к образованию газов и к коррозии.

Таким образом, присутствие азота вызывает образование пузырей и пробок, в то время как присутствие кислорода и углекислого газа – коррозию.

### Состояние газов

Газы могут находиться внутри систем отопления в трех состояниях: в виде пузырьков или воздушных полостей, микропузырьков или в растворенном состоянии в жидкости. Закон Генри (рис. 2) описывает соотношение между концентрацией газа в жидкости и парциальным давлением газа у поверхности в равновесном состоянии, так называемые кривые насыщения. При снижении парциального давления или увеличении температуры жидкость становится перенасыщенной и газ выходит из нее в виде пузырьков. При увеличении парциального давления или снижении температуры газ дополнительно растворяется в жидкости. В ненасыщенной зоне весь газ растворен в жидкости.

В процессе заполнения системы газы собираются в верхних зонах, вытесняя воду. Если удаление воздуха не организовано как следует, там образуются воздушные пробки. При увеличении давления воздух может частично раствориться в воде снова. Впоследствии при нагреве растворимость газов в воде снижается и микропузырьки появляются в циркуляционном потоке. Пузырьки переносятся в потоке теплоносителя. В большинстве случаев турбулентный поток достаточно силен и практически не дает возможности пузырькам всплывать. Микропузырьки практически не заметны для глаза по отдельности и кажутся молочной смесью. Пузырьки имеют тенденцию прилипать к твердой поверхности и объединяться друг с другом.

Растворенный газ может быть удален с помощью изменения давления и/или температуры или с помощью хи-



## КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Кондиционеры
- Чиллеры и фанкойлы
- Увлажнители воздуха
- осушители воздуха
- Системы автоматики

## ОАЗИС ХОРОШЕГО КЛИМАТА

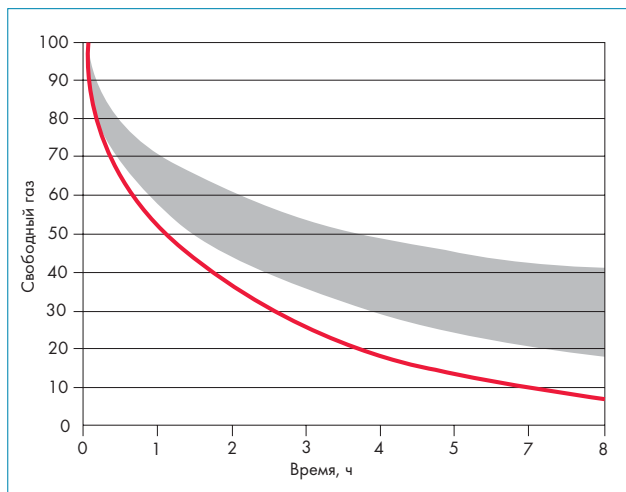


АРКТИКА  
WWW.ARKTIKA.RU

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, ОТОПЛЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Москва, Локомотивный проезд, 21, офис 208.  
Тел.: (495) 228 7777. Факс (495) 228 7701. E-mail: arktika@arktika.ru

Санкт-Петербург, улица Разъезжая, 12, офис 43.  
Тел.: (812) 325 4715, 441 3530. E-mail: arktika@arktika.quantum.ru



■ Рис. 3. Содержание воздуха в воде (микропузырьки) в процессе работы сепараторов в тестируемой системе (уровень 100 % – 7,5 мл/л при нормальных условиях)

мических реакций связывания. Благодаря изменениям температуры и давления в разных местах системы отопления, растворенные газы могут переходить в микропузырьки и обратно. Таким образом, газы в теплоносителе находятся в форме пузырьков или в растворенном состоянии.

### Дегазация – эффективная защита

Устройства удаления воздуха являются обязательными в современных системах отопления. 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 поточным охлаждением и системам подогрева полов.

Основными приборами для удаления воздушных пробок и дегазации в процессе работы являются воздухоотводчики и сепараторы [3].

### Воздухоотводчики

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

подавляющее большинство дешевых воздухоотводчиков не обладает достаточной герметичностью и защитой и быстро выходят из строя. Установка таких приборов делает бесполезными все мероприятия по водоподготовке и защите от коррозии.

Наиболее надежными в настоящее время моделями являются автоматические поплавковые воздухоотводчики.

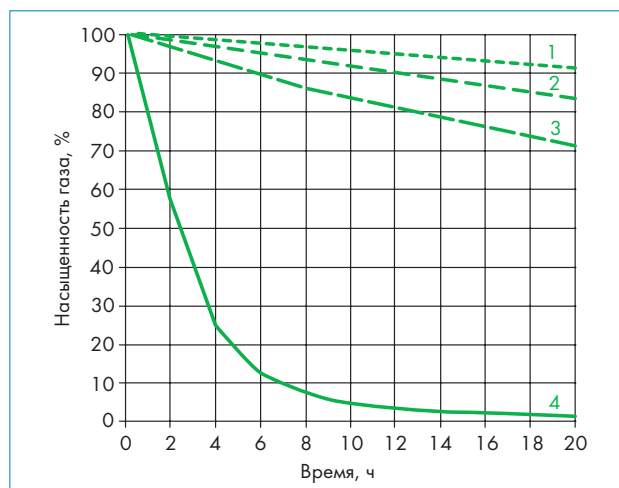
Воздухоотводчики не предназначены для удаления воздуха в проточных участках во время работы системы. Они эффективно работают, как правило, при заполнении системы, а также при удалении воздуха из радиаторов.

### Сепараторы для удаления воздуха и шлама

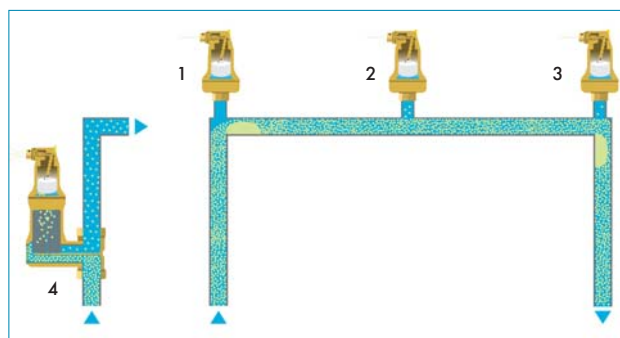
За более чем 30 лет с начала промышленного производства сепараторы воздуха и шлама стали обязатель-

ным элементом в котельных и тепловых сетях. Гарантированное удаление воздуха и шлама из системы в течение нескольких десятков лет эксплуатации обеспечивается благодаря простой и надежной конструкции. Универсальный сепаратор представляет собой металлический цилиндр с воздухоотводчиком сверху, вентилем для сброса шлама внизу и активным элементом внутри. Активный элемент внутри сепаратора обеспечивает быструю транспортировку пузырьков вверх и осаждение нерастворимых частиц вниз. Воздухоотводчик сепаратора автоматически выводит накопившийся воздух, а периодическое удаление шлама осуществляется вручную с помощью шарового вентиля внизу сепаратора. При начальном заполнении системы водой большие воздушные пузыри быстро удаляются с помощью специального вентиля наверху сепаратора.

Эффект глубокой очистки и удаления достигается за счет неоднократного прохождения жидкости через сепаратор, поэтому для эффективной работы сепараторов необходима циркуляция теплоносителя. Воздушные пробки быстро удаляются, где бы они ни находились, за счет турбулентного переноса микропузырьков к сепаратору. Основным параметром при выборе типоразмера является величина потока через сепаратор.



■ Рис. 4. Сравнительная эффективность применения сепаратора и воздухоотводчиков для дегазации. Концентрация воздуха в воде (микропузырьки) в процессе работы сепаратора и воздухоотводчиков в разных точках системы (воздухоотводчики: 1 – на восходящем вертикальном потоке, 2 – на горизонтали, 3 – на нисходящем, 4 – сепаратор). См. также рис. 5



■ Рис. 5. Положения воздухоотводчиков и сепаратора воздуха при сравнении эффективности (см. также рис. 4)

Таблица 1

## Типы сепараторов

Сепараторы воздуха	удаление микропузырьков из жидкости
	активный элемент располагается сверху
Сепараторы шлама	удаление шлама из жидкости
	активный элемент располагается внизу
Комбинированные сепараторы воздуха и шлама	одновременное удаление воздуха и шлама
	активный элемент делится потоком пополам

Поскольку в отличие от обычных фильтров здесь не происходит фильтрации через пористые ячейки, нет риска блокировки и увеличения потерь давления в процессе работы.

При удалении воздуха и шлама используются следующие механизмы:

- снижение скорости потока и создание зон покоя;
- центробежный эффект;
- абсорбция и коалесценция (объединение пузырьков в более крупные) на поверхности активного элемента;
- магнитные ловушки для примесей железа.

Поскольку сепараторы удаляют только воздух в микропузырьковом состоянии, для дегазации системы их необходимо устанавливать только в тех зонах, где возможно образование микропузырьков (см. раздел «Оптимальная инсталляция»). При этом речь идет об удалении всех компонент воздуха: кислорода, азота, углекислого газа и т. д., то есть в сепараторах работает универсальный механизм извлечения газов.

В процессе сепарации условно можно выделить начальный период – быстрое удаление макропузырьков с диаметром более 0,5 мм. Они всплывают в спокойном потоке при небольшой скорости. После удаления макропузырьков во второй стадии микропузырьки удаляются за счет адсорбции на поверхности лепестков, коалесценции и всплытия в верхнюю зону воздухоотводчика. Сепараторы с большей производительностью обеспечивают наименьшие концентрации воздуха в системе.

В зависимости от производительности различают: промышленные сепараторы, типоразмеры Ду 50–300 мм (потоки 5–275 м<sup>3</sup>/ч); сепараторы для небольших объектов (потоки до 5 м<sup>3</sup>/ч), как правило, из латуни, типоразмеры Ду 20–40 мм.

В соответствии с функциями существуют три типа сепараторов (табл. 1).

## Оптимальная инсталляция и эффективность

Подбор оборудования для дегазации должен производиться в зависимости от характеристик системы и оборудования. Воздухоотводчики предназначены в основном для удаления воздушных пробок, они почти не выводят микропузыри из потока теплоносителя. На рис. 3 и рис. 4 представлены скорости дегазации при инсталляции воздухоотводчиков в разных зонах в сравнении с сепаратором воздуха.

## Зоны эффективной инсталляции сепараторов воздуха

Сепараторы удаляют только пузырьки и микропузырьки, которые уже присутствуют в системе. Поскольку давле-

## Комплексный контроль влажности из Германии

Относительная влажность с абсолютной немецкой точностью

### AERIAL®

Осушители воздуха



Полный модельный ряд  
Осушители воздуха для бассейнов всегда на складе в Москве

### HYGROMATIK®

Увлажнители воздуха



Профессиональные увлажнители электродного, ТЭНового, форсуночного и дискового типа



# РУСКЛИМАТ

ВЕНТ

Дистрибьютивное направление

ПОЛНЫЙ СПЕКТР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ,  
ВЕНТИЛЯЦИИ, КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ  
И АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

- Эксклюзивные условия для стратегических партнеров
- Бонусная система
- Широкая рекламная поддержка
- Полная техническая поддержка
- Поддержка проектных институтов

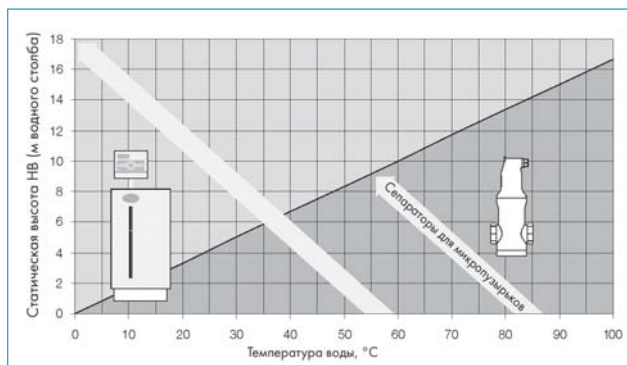
Тел.: (495) 777-19-55

E-mail: [ventdil@rusklimat.ru](mailto:ventdil@rusklimat.ru)

125493, г. Москва, ул. Нарвская, д. 21

Факс: +7 (495) 777-19-56

<http://www.rusklimat.ru>



■ Рис. 6. Область эффективного применения сепараторов воздуха для дегазации (темная зона справа). См. также табл. 2

ние 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 НВ и увеличении температуры в точках их размещения. Если статическая высота превышает пороговую, воздух не переходит в микропузырьковую форму даже при повышении температуры и применение сепараторов для дегазации не имеет смысла (рис. 6). При установке сепаратора в оптимальной точке через некоторое время после начала работы сепаратора концентрация микропузырьков в данной точке теоретически стремится к нулю (рис. 3, рис. 4), что соответствует равновесной концентрации воздуха в воде для данного давления и температуры. При этом во всех остальных точках системы концентрация будет ниже равновесной, т. е. вода окажется в ненасыщенном состоянии. Таким образом, можно говорить об удалении растворенного газа из системы с помощью сепараторов.

Рекомендуется соблюдать зависимость между температурой воды в данном месте контура и статической высотой НВ теплоносителя при установке сепараторов воздуха (табл. 2).



■ Рис. 7. Сепаратор воздуха (латунь)

Таблица 2

Область эффективного применения сепараторов воздуха для дегазации. Статическая высота НВ для данной температуры не должна превышать значение в таблице

$t_{max}, ^\circ\text{C}$	90	80	70	60	50	40	30
НВ м вод. столба	15	13	11	9	6	4	2

На рис. 7 представлена конструкция латунных сепараторов Пневматекс (DU20-40). С помощью спиральных лепестковых элементов, находящихся внутри сепараторов Zeraго происходит ускоренное удаление микропузырьков и частиц шлама. Все модели легко собираются из базовых элементов.

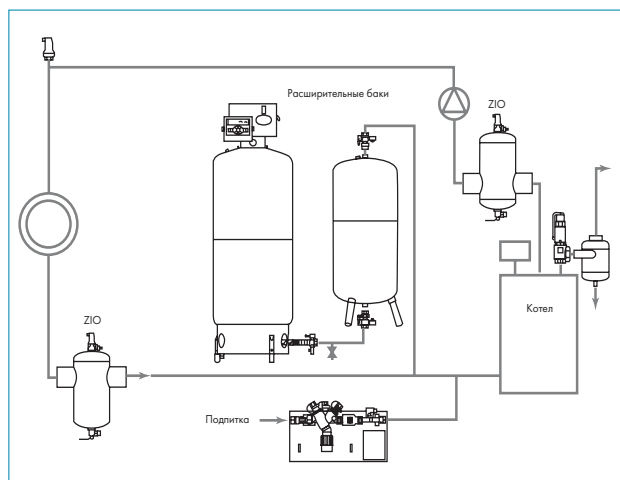
Для удаления воздуха сепараторы, как правило, устанавливаются сразу после котла в системах отопления либо в нагретом обратном потоке после chillера в системах охлаждения.

### Особенности удаления шлама с помощью сепараторов

Поскольку процесс образования шлама тесно связан с процессами коррозии, наличие большого количества механических примесей в теплоносителе во многих случаях означает приток в систему коррозионно-активных газов, в основном кислорода  $\text{O}_2$  и углекислого газа  $\text{CO}_2$ , а также благоприятный для процессов коррозии режим (большие концентрации газов, неоптимальное значение pH, незащищенная поверхность, высокие температуры и т. д.).

Не обсуждая многочисленные методы коррекции и защиты, можно отметить, что само наличие шлама в системе стимулирует коррозию, поскольку под плотным слоем шлама присутствуют устойчивые очаги (так называемая подшламовая коррозия). Кроме того, шлам выводит из строя насосы, вентили и регулируюшую арматуру.

Применение сепараторов становится особенно привлекательным, учитывая универсальный механизм их работы, при котором производится как удаление шлама, так и дегазация (при соблюдении соответствующих условий). Сепараторы практически не требуют обслужива-



■ Рис. 8. Варианты размещения сепараторов ZIO в системе отопления

ния, не потребляют энергии и не нуждаются в расходных материалах. Срок надежной работы – десятки лет, испортить их достаточно сложно.

Однако нужно достаточно ясно понимать особенности работы сепараторов для удаления шлама и их отличия от механических фильтров.

Сетчатые фильтры с фиксированным размером ячеек задерживают все механические частицы большего размера. Поскольку более крупные частицы блокируют ячейки и снижают эффективность фильтрации, требуется постоянный контроль (например, по величине перепада давления) и очистка, иногда не очень простая с разгерметизацией системы, или механизмы, значительно увеличивающие стоимость фильтра (например, устройство обратной промывки). При необходимости глубокой очистки используются фильтры с более мелкими ячейками и большим гидравлическим сопротивлением. Это увеличивает мощность насосов и делает процесс очистки еще более сложным.

Сепараторы имеют низкое гидравлическое сопротивление (до 0,2 кПа), которое не меняется в процессе работы и способны удалять частицы до 5–10 мкм. Основным параметром при выборе типоразмера является величина потока через сепаратор, а в конечном счете скорость движения жидкости через сепаратор. Однако глубокая очистка достигается сепараторами только при циркуляции теплоносителя.

Поскольку в отличие от обычных фильтров здесь не происходит фильтрации через пористые ячейки, нет риска блокировки фильтра и увеличения потерь давления в процессе работы.

Сепараторы устанавливают, как правило, перед тем устройством системы, который необходимо защитить от попадания шлама (рис. 5, рис. 8).

### Сепараторы с магнитными ловушками

Сепараторы с магнитными ловушками 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.

Во время работы сепаратора на дне шламоборника оседает обычный шлам, а на гильзе магнита с внутренней стороны сепаратора – железосодержащие частицы. Перед очисткой магнит вынимается из гильзы. 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).

### 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 Schaden 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. ■