Защита водогрейных котлов и теплообменников от заноса механическими загрязнениями

К.т.н. С.П. Батуев, генеральный директор, ООО СПКФ «ВАЛЁР», г. Санкт-Петербург

Известно, что основными загрязнениями сетевой воды механическими частицами являются: продукты коррозии трубопроводов тепловых сетей, систем отопления, теплообменного оборудования; шламовые отложения; минеральные примеси в виде частиц грунта и песка; посторонние фрагменты и случайные загрязнения.

Источниками загрязнений сетевой воды являются, главным образом, системы отоплений зданий и сооружений, сетевые трубопроводы, а также попадание посторонних примесей при ремонте участков тепловых сетей.

Образование железоокисных отложений в системах отопления и трубопроводах тепловой сети в значительной степени обусловлено так называемой стояночной коррозией и отсутствием консервации оборудования в межотопительный период. Учитывая, что интенсивность стояночной коррозии в среднем в 15-20 раз выше интенсивности коррозии, протекающей в период эксплуатации, а также продолжительность межотопительного периода – в среднем 5 месяцев, это приводит к накоплению большого количества железоокисных отложений в отопительных системах, сетях и оборудовании к началу отопительного периода.

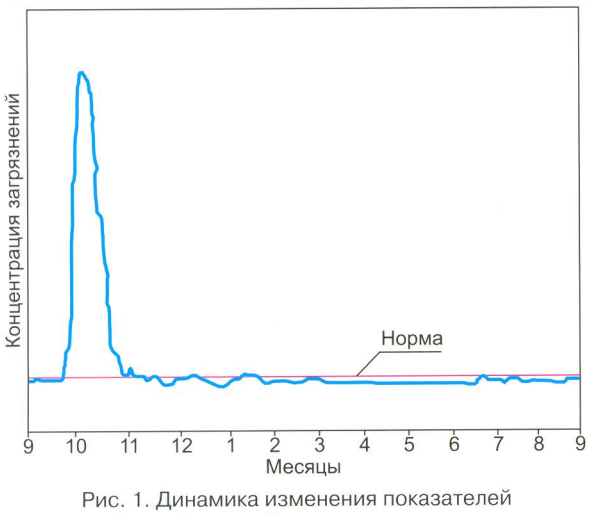

Рис. 1. Динамика изменения показателей обратной сетевой воды в течение года.

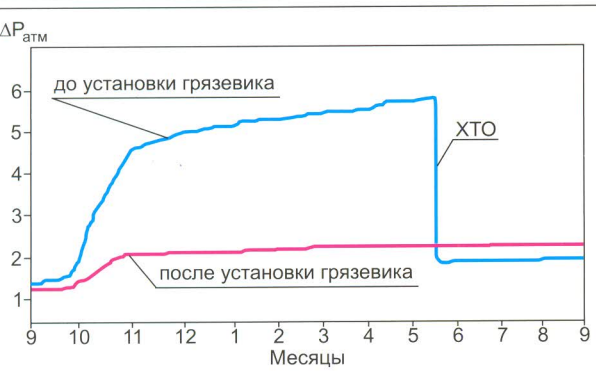

Рис. 2. Динамика изменения гидравлического сопротивления котла ПТВМ-50 в течение года.

С началом отопительного периода эти отложения при включении циркуляции теплоносителя в большом количестве попадают в тепловые сети. Концентрация загрязнений в обратной сетевой воде в этот период может многократно превышать нормативные значения по содержанию железа, взвешенных частиц, цветности, прозрачности, мутности. В динамике изменения показателей обратной сетевой воды в течение года (рис. 1) это проявляется ярко выраженным «пиком» превышения указанных показателей сетевой воды.

Так, по данным некоторых теплоснабжающих предприятий (ГУП «ТЭК СПб» Северный филиал, Колпинский филиал, МУП «Водотеплоснаб» г. Всеволожск Ленинградской области, ЗАО «Лентеплоснаб» г. Пушкин, ОАО «РКС» – Тепловые сети г. Петрозаводска, ОАО «Теплоэнерго» г. Нижний Новгород и др.) качество обратной сетевой воды в период запуска тепловых сетей имеет следующие показатели (приведен диапазон значений): содержание железа общее – 0,8-5 мг/дм^3; цветность по шкале CO-Pt – 30-600 град; прозрачность по шрифту – 30-12 см; мутность – 1,7-30 мг/дм^3; содержание взвешенных веществ – 5-1000 мг/дм^3.

Вынужденной мерой улучшения показателей качества сетевой воды является промывка сетей большим объемом воды, прошедшей водоподготовку. Это ведет к безвозвратной ее потере.

Именно в пусковой период большую опасность для эксплуатации представляет занос водогрейных котлов механическими частицами, поступающими на котельные с обратной сетевой водой. При этом гидравлическое сопротивление котлов может стремительно (в течение нескольких суток и даже часов) увеличиться на 2-5 кгс/см^2.

Рост гидравлического сопротивления котла неизбежно приводит к увеличению затрат электроэнергии на перекачку теплоносителя, снижению КПД котла, а впоследствии – к необходимости проведения дорогостоящих химико-технологических обработок и ремонта конвективных поверхностей нагрева (особенно это относится

Таблица. Результаты гранулометрического анализа загрязнений.

Класс крупности загрязнений, мкм	свыше 5000	от 2000 до 5000	от 500 до 2000	от 200 до 500	от 160 до 200	от 100 до 160	от 71 до 100	от 20 до 71	менее 20
Содержание, %	26,92	24,54	17,19	11,67	7,35	1,19	3,57	3,70	3,87

к водогрейным котлам типа ПТВМ, КВГМ, имеющим развитые конвективные поверхности нагрева при малых диаметрах трубок).

Например, по данным МУП «Водотеплоснаб», гидравлическое сопротивление котлов ПТВМ на котельной № 18, необорудованной устройствами очистки сетевой воды от механических примесей, за отопительный сезон увеличивалось с нормативных 1,5 до 6 кгс/см^2 (рис. 2). Причем, максимальная степень прироста гидравлического сопротивления приходилась на первые недели пускового периода. Быстрый занос конвективных частей котлов приводил к необходимости постоянных ремонтов конвективных пакетов, а также проведению ежегодных химических промывок.

После установки в 2003 г. оборудования для очистки обратной сетевой воды – гравитационно-инерционный фильтр-грязевик (ГИГ) – и его эксплуатации в течение года гидравлическое сопротивление на котлах увеличилось на 0,5 кгс/см^2 (за последние 2 отопительных сезона сопротивление на котлах не изменилось).

По данным ОАО «Теплоэнерго» г. Нижний Новгород увеличение гидравлического сопротивления пиковых водогрейных котлов на Нагорной ТЭЦ до установки гравитационно-инерционных фильтров-грязевиков составляло 4-5 кг/см^2 за отопительный период.

После внедрения ГИГ прирост гидравлического сопротивления за отопительный сезон 2005-2006 гг. составил 0,3 кг/см^2 и продолжает оставаться постоянным. По эксплуатационным данным, в результате работы ГИГ было уловлено и удалено из тепловой сети около 31 т механических примесей.

Выбор оборудования для очистки сетевой воды в значительной степени зависит от физико-химических свойств загрязнений. В связи с этим, большую важность представляют данные, характеризующие состав, структуру, свойства загрязнений.

По некоторым данным исследований и эксплуатации, концентрации и дисперсный состав механических загрязнений значительно изменяются в течение отопительного периода.

Так по эксплуатационным данным (ГУП «ТЭК СПб», МУП «Водотеплоснаб») в пусковой период около 80-90% частиц загрязнений в сетевой воде имеют размер свыше 50 мкм (рис. 3), а их количество максимально. Кроме того, в период пуска с обратной сетевой водой поступает большое количество крупных механических примесей – отслоившиеся со стенок трубопроводов фрагменты (окалины размером от 0,5 до 3 см), мелкие камешки, песок, сварочный грат и другие посторонние предметы.

Именно такие загрязнения в силу больших значений концентраций, размеров и удельного веса имеют определяющее значение в негативном явлении заноса котлов и теплообменного оборудования механическими примесями и, особенно, в пусковой период.

Это косвенно подтверждается данными дисперсного (гранулометрического) анализа загрязнений (см. таблицу), улавливаемых ГИГ на пиковой котельной РТ «Парнас» (ГУП «ТЭК СПб»), где явление заноса водогрейных котлов не наблюдается с 1996 г., после установки этих устройств. В результате длительной эксплуатации ГИГ на обратном трубопроводе котельной РТ «Парнас» качество обратной сетевой воды достигает нормативных показателей в течение 5-10 дней.

Визуальный осмотр уловленных механических загрязнений показал наличие наряду с большим количеством частиц продуктов коррозии сетей и минеральных примесей: крупных и мелких камешков, песка. Присутствие таких загрязнений, а также случайных, посторонних предметов в сетевой воде создает дополнительную опасность повреждения и/или повышенного абразивного износа рабочих колес сетевых насосов.

Продолжительность пускового периода зависит от интенсивности подключения потребителей, качества предварительной промывки сетей, наличия оборудования для очистки обратной сетевой воды и может составлять в среднем от 15 до 30 дней.

При отсутствии оборудования для механической очистки обратной сетевой воды опасность заноса котлов сохраняется в течение всего отопительного периода.

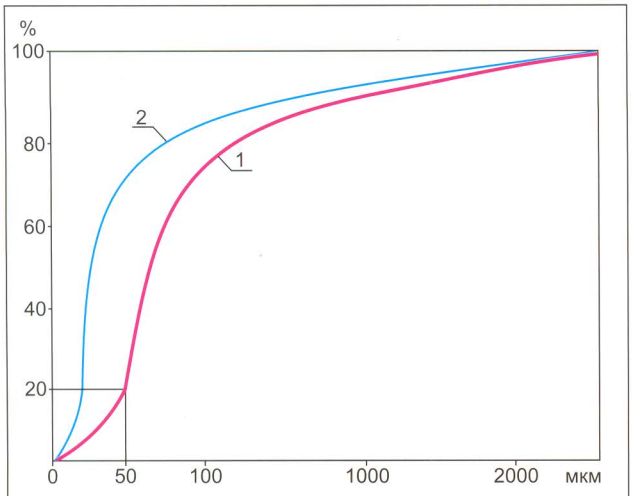

Рис. 3. Распределение размеров частиц загрязнений в обратной сетевой воде:
1 – в пусковой период; 2 – в установившийся период.

Рис. 4. Концентрация частиц в обратной сетевой воде.

Рис. 5. Гравитационно-инерционный фильтр-грязевик, установленный:
а – на котельной Пушкинского музея-заповедника, г. Пушкин; б – на котельной «Парнас», г. Санкт-Петербург.

Установка водоочистного оборудования значительно уменьшает период времени до достижения сетевой водой нормативных значений показателей.

Подобные результаты получены на многих котельных, оборудованных аппаратами для очистки сетевой воды.

После завершения подключения потребителей к тепловым сетям, стабилизации циркуляции теплоносителя и улавливания основного количества механических примесей водоочистным оборудованием, концентрация загрязнений в сетевой воде приближается к нормативным значениям, уменьшаются размеры взвешенных частиц загрязнений – около 50-60% частиц имеют размер менее 50 мкм (рис. 3). Эти загрязнения в силу небольших значений концентраций и размеров уже мало влияют на процесс заноса, поскольку при нормативных скоростях движения воды в котлах практически не осаждаются.

Анализ распределения концентрации механических загрязнений по сечению горизонтального трубопровода (рис. 4) показывает, что крупные частицы (свыше 100 мкм) распределяются в области нижней образующей трубы и, тем самым, образуют наносные отложения на участках труб с низкими скоростями движения воды. Более мелкие частицы в потоке распределяются по сечению трубопровода достаточно равномерно в соответствии с профилем скорости движения воды в трубопроводе и при скоростях воды более 0,8 м/с практически не осаждаются.

Этим объясняется тот факт, что анализом воды на содержание взвешенных веществ зачастую не обнаруживаются достаточно крупные механические загрязнения (свыше 100 мкм), и даже при нормативном значении концентрации взвешенных веществ в сетевой воде явление заноса котлов продолжается.

Приведенные данные указывают на актуальность применения устройств для защиты водогрейных котлов и теплообменного оборудования от заноса механическими загрязнениями, поступающими в котельные с обратной сетевой водой.

При выборе устройств для очистки сетевой воды от загрязнений, наряду с характером загрязнений, важное значение имеют такие показатели, как эффективность очистки, возможная производительность по воде и рабочий диапазон расходов, простота и удобство эксплуатации.

Например, устройства, использующие сетчатые перегородки или фильтрующие патроны (загрузки), отличаются быстрым нарастанием гидравлического сопротивления и необходимостью очистки или замены указанных элементов.

При этом аппарат должен выводиться из работы, а загрязненная вода в этот период направляется по байпасной линии без очистки или через дополнительный, резервный аппарат.

В период пуска тепловых сетей это приводит к необходимости частого обслуживания таких аппаратов, что существенно увеличивает эксплуатационные расходы. Этот факт хорошо показан и подтвержден данными датских исследователей (Датский совет по централизованному теплоснабжению). Устранение данного недостатка возможно путем автоматизации процесса отмывки сетчатых перегородок или фильтрующих материалов, однако, это также приводит к росту затрат на эксплуатацию.

Существует также возможная опасность повреждения сетки крупным фрагментом загрязнения в воде или случайным предметом, которое может быть не зафиксировано персоналом. В этом случае эффект очистки воды резко снижается.

Подобных недостатков лишены устройства, использующие гидродинамические принципы очистки (например, сочетание процессов инерции и гравитации). Комбинированное использование этих процессов реализовано в инерционно-гравитационных грязевиках ГИГ.

Такие аппараты имеют незначительное и постоянное гидравлическое сопротивление, независящее от количества уловленных загрязнений. Они не требуют резервирования, а также специального обслуживания, остановки в ходе эксплуатации, не могут быть повреждены при попадании в них крупных фрагментов и посторонних предметов с сетевой водой.

Удаление накопленных загрязнений из корпуса грязевиков ГИГ производится в ходе работы устройства кратковременным открытием дренажей.

Высокая производительность (до 6000 м^3/ч и выше) и эффективность очистки сетевой воды в таких устройствах (до 90% для тяжелых частиц загрязнений с размером более 50 мкм) сочетается с надежностью и простотой эксплуатации.

Внедрение грязевиков ГИГ ведется с 1991 г. Накопленный большой положительный опыт эксплуатации аппаратов ГИГ (рис. 5) позволяет рекомендовать их широкое применение для очистки обратной сетевой воды от механических примесей.