

Ингибирование образования накипи в газовых колонках и котлах

С. Зотов, К. Т. Н

Экономия энергоресурсов – это одно из основных направлений развития отопительной техники сегодня. Каждое новое усовершенствование конструкции котла или алгоритма его управления позволяет улучшить на несколько процентов, а иногда и на доли процента, степень использования теплоты сгорания топлива. При этом одна из возможностей экономить зависит вовсе не от производителей котлов и водонагревателей, а скорее от тех, кто проектирует и обслуживает системы отопления и ГВС: эта возможность связана с сохранением первоначальной эффективности водонагревательного прибора в течение всего срока его службы.

Одна из самых распространенных технологий горячего водоснабжения в России – нагрев водопроводной воды в газовых проточных водонагревателях (колонках). Эффективность этих устройств в большинстве своем и такто невысока, но и она снижается в процессе эксплуатации. Причиной тому – образование накипи на внутренней поверхности теплообменника колонки. Попробуем оценить степень такого снижения эффективности.

Типичный случай

Рассмотрим этот случай: нагрев воды в проточном газовом водонагревателе с медным теплообменником. Пусть поток воды величиной 13 л/мин нагревается от 10 до 60 °С, т.е. полезная нагрузка колонки равна 22,6 кВт. Эффективность новой колонки – 87 %, т.е. тепловая нагрузка – 26 кВт. Профиль распределения температуры по сечению нового теплообменника можно упрощенно представить, как показано на рис. 1, а.

По мере роста слоя накипи на внутренней поверхности теплообменника увеличивается и сопротивление потоку тепла от горячих газов к нагреваемой воде. При этом, как показано на рис. 1, б, в слое накипи происходит снижение температуры в направлении от металла

теплообменника к воде на величину, рассчитываемую по формуле

$$\Delta T = \Phi / \lambda A,$$

где Φ – тепловой поток, равный полезной мощности; λ – теплопроводность накипи (согласно справочнику – 3 Вт/м К); l – толщина слоя накипи (1 мм); A – площадь внутренней поверхности теплообменника (0,05 м²).

Очевидно, что при неизменной температуре

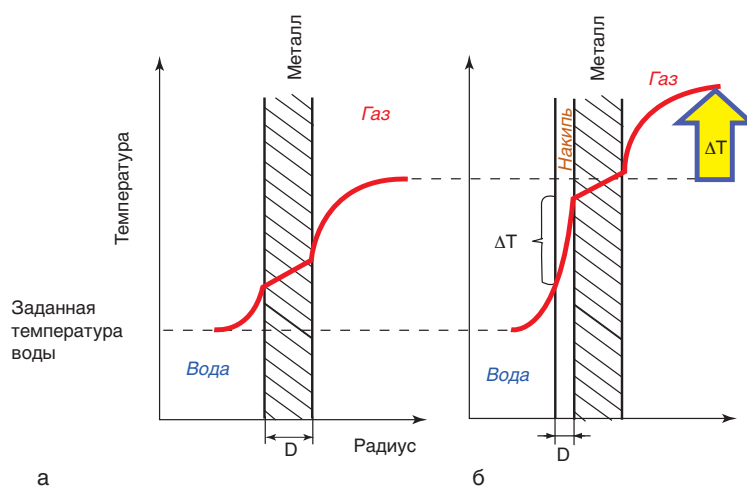


Рис. 1

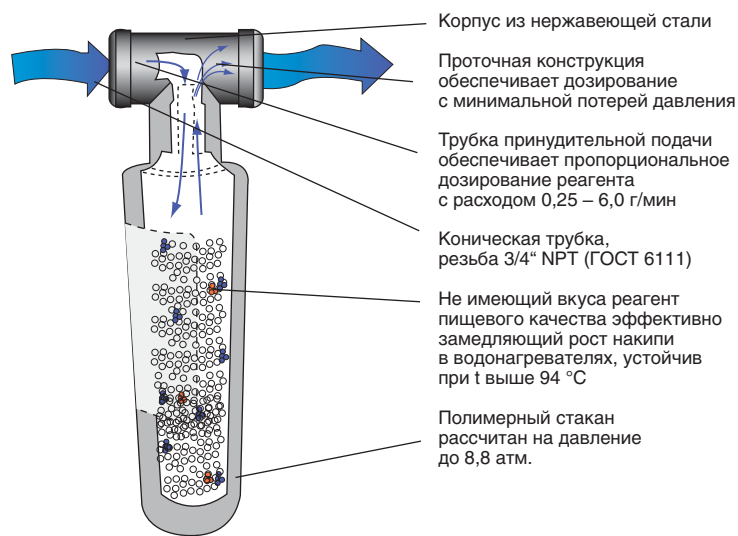


Рис. 2

на газовой стороне теплообменника увеличение теплового сопротивления приведет к пропорциональному снижению температуры воды на выходе колонки. Это снижение будет, насколько возможно, компенсироваться увеличением расхода газа в колонке – автоматически, если присутствует электронный блок управления, если же его нет, то вручную. Таким образом, перепад температуры в слое накипи ΔT автоматически означает повышение

на ту же величину температуры дымовых газов. Приняв в качестве Φ полезную мощность 22,6 кВт из рассмотренного выше примера, мы получим $\Delta T = 151$ К.

Несложный расчет показывает, что для такого увеличения температуры дымовых газов необходимо сжечь на 12–15 % газа больше. Вот эти-то проценты (в зависимости от качества газа) и есть та экономия, которую можно достичь, защитив колонку от образования накипи.

Борьба с накипью

Способов предотвратить образование накипи довольно много, однако не все они одинаково применимы в данной ситуации. Так, например, широко используемый в промышленных системах метод катионирования не всегда приемлем из-за громоздкости и дороговизны оборудования – самый бюджетный умягчитель с регенерацией ионообменных смол стоит в 2–6 раз дороже и места занимает больше, чем сама газовая колонка. Есть, правда, менее дорогой и более компактный вид умягчителей – со сменным патроном. В качестве примера можно назвать фильтрующе-умягчающую систему ScaleGard Pro производства 3M Purification, США. Система разработана для улучшения качества питьевой воды на предприятиях общественного питания и в этом



Рис. 3

качестве применяется достаточно широко. Однако у нее слишком маленький ресурс, чтобы серьезно рассматривать ее применение в устройствах ГВС: одного патрона хватает на воде средней жесткости лишь на 2,5–3 м³.

Еще один способ предотвратить образование накипи состоит в добавлении в воду полифосфатов – линейных полимеров ортофосфорной кислоты. Две важнейшие особенности этого процесса состоят в том, что, во-первых, добавка полифосфатов не умягчает воду, а только препятствует образованию накипи, во-вторых, те или иные полифосфаты присутствуют в натуральных пищевых продуктах и используются в качестве пищевых добавок, т.е. их безвредность для организма человека давно доказана.

Сейчас рынок изобилует устройствами для обработки воды полифосфатами, которые отличаются друг от друга как конструкцией, так и химической формулой действующего агента. Самые простые устройства представляют собой заполненную гранулами полифосфата колбу, через которую пропускается весь поток обрабатываемой воды. После того, как из колбы вымывается весь полифосфат, туда засыпается новая порция гранул.

Основной недостаток таких устройств состоит в том, что по мере вымывания гранул меняются как сопротивление потоку воды, так и концентрация полифосфата на выходе.

Обеспечить дозирование, пропорциональное потоку воды, а не количеству оставшегося в дозаторе полифосфата, позволяет конструкция, примененная компанией

3M Purification в системе защиты от накипи SF18-S (рис. 2). Главная особенность этого устройства в том, что в сменный патрон с гранулами полифосфата попадает не весь проходящий через устройство поток воды, а только его часть, направляемая в патрон при помощи трубки Вентури. Благодаря этому, достигается как высокая пропускная способность дозатора – до 22,7 л/мин, так и большой ресурс сменного патрона – до 265 м³. И это – при весьма скромных размерах (рис. 3). Хотя SF18-S разрабатывался для совсем другой сферы применения, его характеристики удачно совпадают с годовым и пиковым потреблением горячей воды семьей из четырех человек.

Об эффективности обработки воды системой защиты от накипи SF18-S можно судить по зависимости количества накипи, образовавшейся в водонагревателе, от объема пропущенной через него воды с высокой жесткостью (рис. 4). Результаты предоставлены компанией BUNN, США. Тестировались два одинаковых автомата приготовления горячих напитков – снабженный SF18-S (без обработки) и без SF18-S (с обработкой), предварительный механический фильтр не использовался, исходная жесткость воды – 476–510 мг/л. Согласно результатам теста накипь образуется даже в воде, прошедшей через SF18-S, хоть и в пять раз медленнее, чем в необработанной. Однако жесткость исходной воды в этом эксперименте в 3,5 раза превышает предельно допустимый российским стандартом для водопроводной воды уровень.

Резонно, что слой накипи в водонагревателе не может расти бесконечно, и существует некая критическая ее масса, по достижении которой водонагреватель становится неработоспособным. Тогда из приведенных данных (см. рис. 4) можно сделать еще и вывод о том, что обработка воды с помощью SF18-S продлевает срок жизни водонагревателя в несколько раз, и это – еще один аспект экономии, достигаемой за счет ингибирования образования накипи.

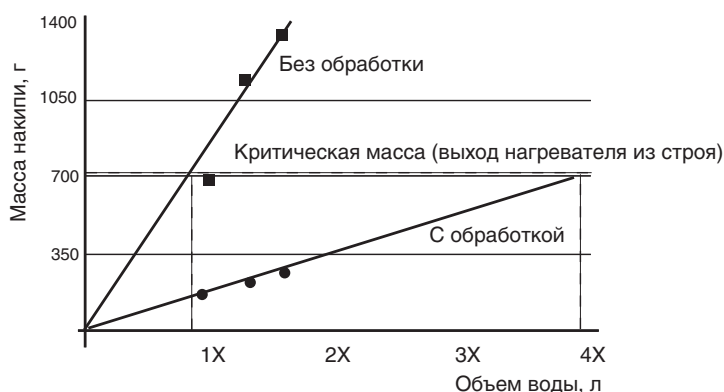


Рис. 4