

Минко В. А., д-р техн. наук, проф.,
Семиненко А. С., ст. препод.,
Гуныко И. В., аспирант,
Елистратова Ю. В., магистр

Белгородский государственный технологический университет им В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ

ovk.bel@gmail.com

Рассмотрены особенности работы систем отопления в условиях образования накипи на теплообменных поверхностях элементов системы. Определены зависимости уменьшения расхода теплоносителя, снижения теплоотдачи отопительных приборов, понижения тепловой эффективности пластинчатых теплообменников и другое, от толщины отложений накипи на рабочих поверхностях. Получены критические значения показателей работы элементов системы в условиях «зарастания», при которых необходима замена или очистка оборудования, определены значения толщины слоя накипи, при которых показатели работы падают до критических.

Ключевые слова «зарастание» трубопроводов, отложения накипи, уменьшение расхода теплоносителя, снижение теплоотдачи, понижение тепловой эффективности, ухудшение теплообмена, перерасход электроэнергии, критические значения показателей работы.

Производство и потребление электроэнергии является одним из главных показателей технического прогресса и экономического уровня развития общества.

Проблема рационального потребления и распределения тепловой энергии системами отопления на сегодняшний день весьма актуальна, так как, при различных климатических условиях системы отопления жилых зданий являются наиболее энергоёмкими из инженерных систем [10].

Подсчитано, что среднестатистический россиянин для обогрева своего жилища расходует почти втрое больше топлива, чем аналогичный европейский гражданин, включая и тех, которые проживают в климатической зоне не менее холодной, чем наша [5].

Причина в том, что в системах отопления при эксплуатации теплообменников, трубопроводов, котлов и другого оборудования, в результате осаждения продуктов коррозии и возникновения на рабочих поверхностях биологических, иловых и солевых образований, возникает проблема ухудшение процесса теплообмена и как результат, значительное снижение эффективности работы оборудования.

Зарастание систем отопления отложениями приводит к падению температуры в радиаторах и, соответственно, в помещениях, что приводит к увеличению энергозатрат [8].

Проведенный анализ отложений показывает, что их основу составляет накипь, преимущественно сформированная структурами кристаллов карбоната кальция (CaCO_3) [4].

Образование накипи приводит к ряду серьёзных последствий, усложняющих эксплуата-

цию систем отопления, вызывает значительные термомеханические напряжения в системе.

Образование накипи ведёт к «зарастанию» трубопроводов, в результате чего падает расход на участках трубопровода, что влечёт за собой снижение теплоотдачи отопительных приборов до величин, при которых невозможно обеспечивать оптимальные параметры микроклимата при расчётных температурах на улице.

Используя гидравлический расчёт систем отопления методом характеристик сопротивления, удалось определить зависимость снижения расхода теплоносителя от величины зарастания внутреннего диаметра трубопровода [9].

Определено, что в двухтрубной системе отопления при равномерном уменьшении диаметра трубопровода на 1 мм, расход в системе отопления снижается на 10%, при уменьшении внутреннего диаметра на 2 мм, расход снижается на 22 %, и далее в соответствии с рис. 1(а). В системе с нижней разводкой при одинаковом уменьшении диаметра трубопровода всех участков на 1 мм, расход в системе отопления снижается приблизительно на 20 %, при уменьшении диаметра на 2 мм, расход в системе отопления снижается на 31 %, и далее в соответствии с рис. 1(б). В системе с верхней разводкой снижение расхода вследствие зарастания трубопровода происходит менее интенсивно нежели в системе с нижней разводкой в среднем на 5 % (рис. 1 (в))

Наиболее интенсивное снижение расхода в результате зарастания наблюдается у системы с нижней разводкой, а наименее интенсивное снижение расхода в двухтрубной системе отопления. Это обусловлено различными скоростями в системах. В соответствии с расчётом при

больших скоростях перемещения теплоносителя, изменение расхода вследствие зарастания трубопровода происходит медленнее, чем при малых скоростях.

Известно, что снижение расхода на участках системы отопления ведёт к уменьшению расхода теплоносителя в отопительном приборе, что в конечном итоге сказывается на теплоотдаче прибора.

Как известно теплоотдача отопительного прибора определяется по формуле:

$$Q_{пр} = q_{пр} \cdot A_p, \tag{1}$$

где A_p – расчётная площадь отопительного прибора, m^2 ; $q_{пр}$ – поверхностная плотность теплового потока прибора, $Вт/м^2$.

$$q_{пр} = q_{ном} \left(\frac{\Delta t_{ср}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p, \tag{2}$$

где n, p – экспериментальные числовые показатели, которые можно найти в специальных таблицах дополнительной литературы, например в литературе [1], $q_{ном}$ – номинальная плотность теплового потока, $Вт/м^2$, так же можно найти в литературе [1].

Используя формулы 1 и 2, пренебрегая из-

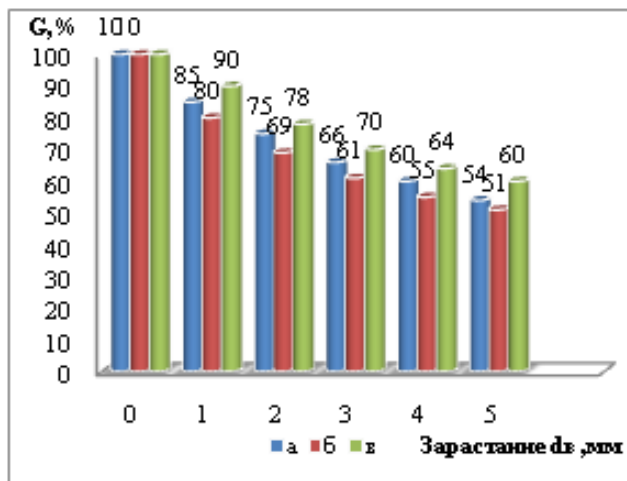


Рис. 1. Изменение расхода теплоносителя в зависимости от «зарастания» трубопровода в процентах в системе верхней разводкой (а), в системе с нижней разводкой (б), в двухтрубной системе (в)

При уменьшении внутреннего диаметра более чем на 10 мм, уменьшение теплоотдачи отопительных приборов снижается более чем на 15 %. Для наиболее распространённого диаметра трубопровода $D_u 20$ это составляет половину внутреннего сечения. При таком уменьшении теплоотдачи приборов, невозможно поддерживать расчётную температуру в помещении, а достижение оптимальных значений температуры приводит к перерасходу электроэнергии, топлива и теплоносителя. Параметры работы системы отопления падают до критических, при которых необходима либо замена, либо эффективная очистка трубопровода.

менением Δt , определим во сколько раз уменьшится теплоотдача отопительного прибора при уменьшения расхода теплоносителя в приборе $G_{пр}$ в m раз.

Поскольку A_p , $q_{ном}$, n , p и $\Delta t_{ср}$ не изменяются, отношение первоначального значения тепловой нагрузки $Q_{пр}$ к тепловой нагрузке прибора, полученной в результате уменьшения расхода в m раз $Q'_{пр}$ определяется:

$$\frac{Q_{пр}}{Q'_{пр}} = \frac{G_{пр}^p}{\left(\frac{G_{пр}}{m}\right)^p} \tag{3}$$

Таким образом можно проследить за изменением тепловой нагрузки приборов в результате снижения расхода теплоносителя в них.

Например, при «зарастании» участка стояка на 1мм, расход в отопительном приборе падает на 18% теплоотдача приборов на стояке 1 уменьшается на 2 %. При «зарастании» на 2 мм, теплоотдача отопительных приборов уменьшается в среднем на 4 %, при уменьшении диаметра на 3мм, теплоотдача снижается на 6 % при уменьшении на 4 мм – на 7 % и далее в соответствии с рис. 2.

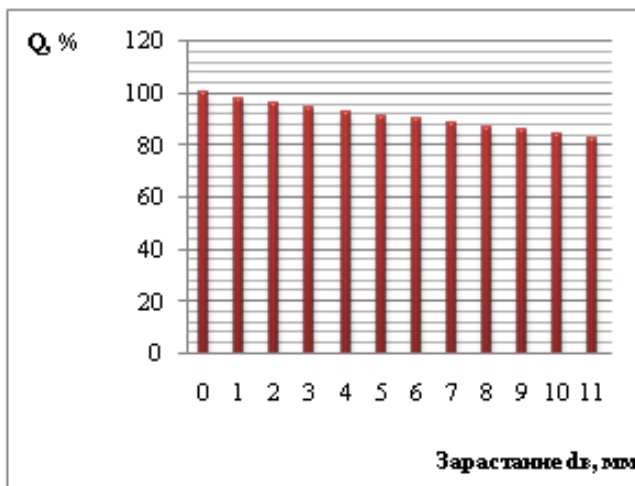


Рис. 2. Изменение теплоотдачи отопительных приборов двухтрубной системы отопления при уменьшении внутреннего диаметра трубопровода

Накипь на поверхности нагрева теплообменника увеличивает термическое сопротивление теплопередающей стенки и, следовательно, снижает коэффициент теплопередачи аппарата [7].

Так как коэффициент теплопроводности накипи имеет весьма низкое значение, то даже незначительный слой отложений создает большое термическое сопротивление.

Тепловая эффективность загрязненного теплообменника к такому же теплообменнику с чистой поверхностью, характеризуется отношением коэффициентов теплопередачи, которое определяется по формуле (4) [2, 6]:

$$\frac{k}{k_0} = \frac{1}{1 + k_0 \frac{\delta_n}{\lambda_n}}, \quad (4)$$

где k – коэффициент теплопередачи загрязнённого теплообменника, Вт/(м²·К); k_0 – коэффициент теплопередачи чистого теплообменника, Вт/(м²·К); δ_n – толщина слоя накипи, м; λ_n – коэффициент теплопроводности накипи,

Вт/(м·К).

Если проанализировать тепловую эффективность загрязнённых в различной степени теплообменников имеющих другие расчётные коэффициенты, согласно литературе [6], получим данные представленные в виде графиков на рис.3.

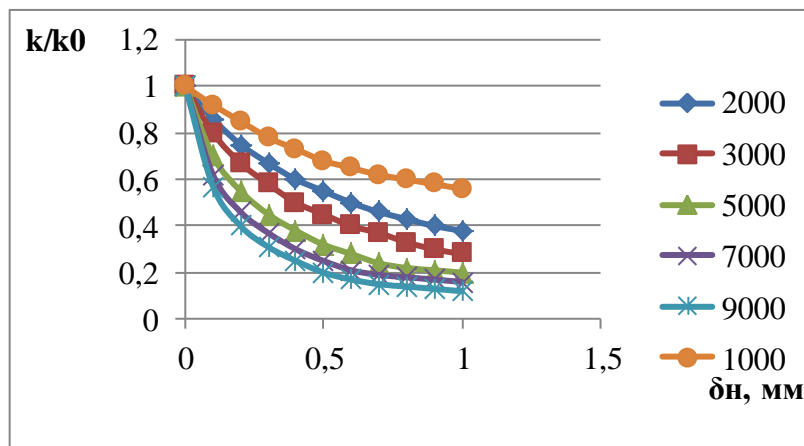


Рис. 3. Зависимость тепловой эффективности загрязнённого теплообменника от толщины слоя накипи при различных значениях коэффициента теплопередачи чистого теплообменника

Из показанных на рисунке 3 зависимостей, можно извлечь важное следствие: теплообменник с высоким расчётным коэффициентом значительно более чувствителен к загрязнению, чем теплообменник с низким расчётным коэффициентом теплопередачи. Теплообменники с расчётными коэффициентами более 3000 Вт/(м²·К), при образовании накипи толщией более 0,5 мм теряют тепловую эффективность более чем в половину от расчётной, что является критическим значением, при котором дальнейшая эксплуатация теплообменника нецелесообразна.

Образование накипи в котле ухудшает коэффициент теплоотдачи от стенки к нагреваемой среде и способствует тому, что температура стенки трубы становится выше температуры кипения воды при данном давлении [3]. Известно, что слой накипи величиной 0,3 - 0,4 мм для котлов серии ДКВР опасен, а при толщине отложений более 0,5 мм эксплуатация котла должна быть запрещена [3].

В проточной части бессальниковых насосов АЭС (ГЦН) отложения могут вызывать перераспределение механических нагрузок.

Отложения в рабочих органах арматуры изменяют ее характеристики и так же усложняют эксплуатацию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Богословский В. Н., Сканава А. Н. Отопление: Учеб. Для вузов. М.: Стойиздат, 1991. 735 с.

2. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1973. – 320с.

3. Современные тенденции конструирования, технологии изготовления и расчета теплообменного оборудования / Сборник научных трудов под редакцией В. В. Пугача. М.: ВНИИ Нефтемаш. 1987. 143 с.

4. Шейко А. Н. Регулирование процесса образования отложений в оборудовании ТЭС и АЭС с целью увеличения эффективности теплообмена: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Шейко Александр Николаевич. М., 1990. 172с.

5. Экономические аспекты проблем отопления [электронный ресурс] / К.Р. Горянин // сайт Русская стройка. – 2012. –режим доступа: <http://stroyrussian.ru/otoplenie/elektricheskie-sistemy-otopleniya/19-ekonomicheskie-aspekty-problem-otopleniya>

6. Пластинчатые теплообменники - дело тонкое [электронный ресурс] / О.В. Жаднов // *Новости теплоснабжения*. 2005. № 3. – режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2224

7. Миропольский З. Л., Бубликов, И. А., Новиков Б.Е.. Исследование термического сопротивления отложений в теплообменниках, охлаждаемых технической водой // *Теплоэнергетика*. 1992. №5. С.71-74.

8. Колца Л.Н., Елистратова Ю.В., Семенов А.С. Влияние отложений солей жёсткости на теплоотдачу отопительных // *Современные наукоемкие технологии*. 2014. № 7-2. С. 58-59.

9. Минко В.А., Семенов А.С., Елистратова Ю.В. Допущения и предпосылки методов гидравлического расчёта систем отопления // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 114-118.

10. Кобелев Н.С., Минко В.А., Кобелев

В.Н., Семенов А.С., Гунько И.В., Токарева А.В., Тарасов Д.М. Энергосберегающее решение в биосферных системах отапливаемых жилых и общественных зданиях // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 2. С. 62-65.