

ТЕПЛОТЕХНИКА

УДК 628.168.3

Г.В. Ушаков

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В СИСТЕМАХ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ С АНТИНАКИПНЫМ АППАРАТОМ

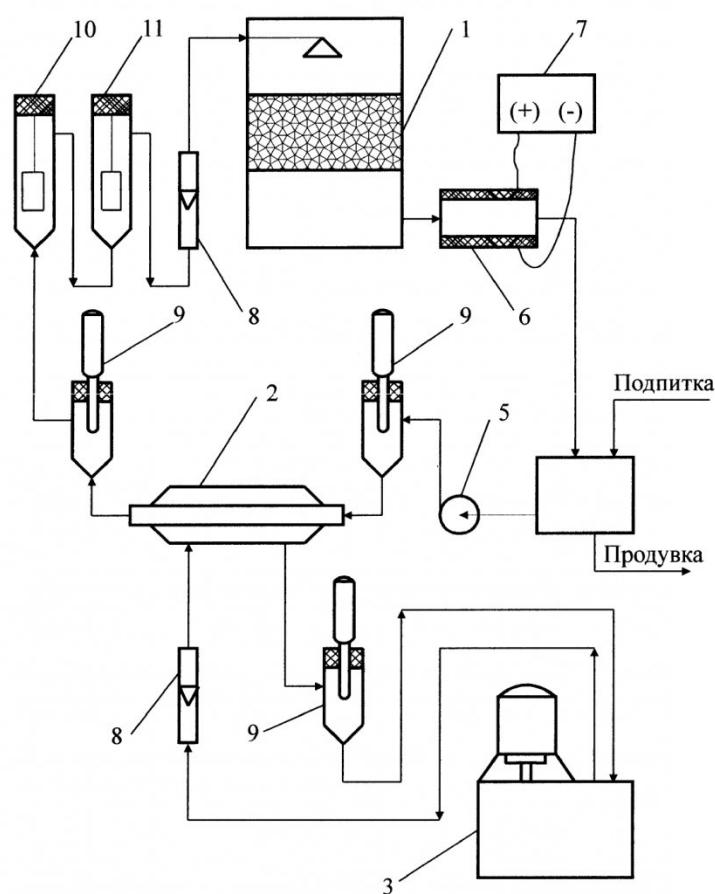
Основным параметром, определяющим эффективность работы системы водяного охлаждения, является коэффициент теплопередачи от горячего теплоносителя к обратной охлаждающей воде через теплопередающую стенку. Значение коэффициента теплопередачи определяет необходимую поверхность теплообмена в процессе проектирования теплообменного оборудования или его производительность в процессе эксплуатации. Кроме теплофизических свойств горячего и холодного теплоносителей и гидродинамического режима движения их вдоль теплопередающей поверхности значение коэффициента теплопередачи зависит от теплопроводности стенки. Последний во многом определяется наличием отложений накипи на поверхности стенки со стороны обратной воды.

Слой накипи представляет сложный конгломерат из взвешенных частиц, продуктов коррозии и солей жесткости [1]. Толщина этого слоя в отдельных случаях может достигать нескольких миллиметров. Теплопроводность его в несколько раз меньше теплопроводности металла теплопередающей стенки [2]. Поэтому именно слой накипи лимитирует процессы теплопередачи в теплообменном оборудовании, охлаждаемом обратной водой, содержащей соли жесткости. Следовательно, стабильность обратной воды и эффективность процессов ее стабилизационной обработки может быть оценена по коэффициенту теплопереда-

чи от горячего продукта к охлаждающей обратной воде и по динамике изменения этого коэффициента в процессе работы теплообменного оборудования.

Одним из методов защиты

водогрейного и теплообменного оборудования от отложений накипи является обработка воды электрическим полем. Нами выполнены исследования данного метода, в которых изучали его технологические параметры



*Рис. 1. Схема модельной установки водооборотного цикла с аппаратом обработки оборотной воды электрическим полем
 1 – градирня с насадкой из колец Раишига; 2 – теплообменник типа труба в трубе; 3 – термостат для нагрева теплоносителя (воды);
 4 – емкость для охлажденной оборотной воды; 5 – насос; 6 – аппарат для обработки оборотной воды электрическим полем; 7 – источник постоянного электрического тока; 8 – ротаметр; 9 – термометр; 10 – емкость с образцами из углеродистой стали; 11 – емкость с образцами из нержавеющей стали*

применительно к системам теплоснабжения оборотного водоснабжения [1-3].

В настоящей статье приведены методика и результаты исследований влияния электрического поля на коэффициент теплопередачи от горячего теплоносителя к охлаждаемой воде, которые проводили на лабораторной модели водооборотного цикла.

Схема лабораторной модели водооборотного цикла приведена на рис. 1. Она включает: градирню 1, теплообменник 2 типа "труба в трубе" с внутренней трубкой из углеродистой стали диаметром 25 мм, антиакипный аппарат 6, источник постоянного тока 7, емкость терmostат горячего теплоносителя 3, емкость оборотной воды 4, насос 5. Градирня изготовлена из органического стекла и заполнена кольцами Рашига. Антиакипной аппарат изготовлен из органического стекла и снабжен угольным анодом и металлическим катодом.

В качестве горячего теплоносителя использовали дистиллированную воду, которую заливали в терmostат 3 и нагревали до 70°C. Нагретая вода поступала в межтрубное пространство теплообменника 2, где охлаждалась и возвращалась в терmostат. Расход воды регулировали ротаметром 8. Температуру воды на входе и выходе из теплообменника контролировали термометрами 9. С целью уменьшения потерь тепла в окружающую среду теплообменник изолировали.

Оборотная вода из емкости 4 насосом 5 подавалась во внутреннюю трубку теплообменника 2, где нагревалась и поступала в градирню 1 и разбрызгивалась на насадку. Стекая по насадке вниз, вода охлаждалась и насыщалась кислородом воздуха аналогично оборотной воде в промышленной градирне. Из градирни вода поступала в антиакипной аппарат 6, где проходила между анодом и катодом, на которые подавалось

напряжение от источника постоянного тока (4). Из антиакипного аппарата охлажденная вода возвращалась в терmostат 6. Расход оборотной воды контролировали ротаметром 8, а температуру на входе и выходе из теплообменника - термометрами 9. Одновременно с контролем за температурой горячей и холодной воды и ее стабильность традиционными методами с использованием контрольных пластин из углеродистой и нержавеющей стали. Пластины устанавливали в стеклянные трубы 10 и 11.

В качестве оборотной и подпиточной воды использовали модельную воду, которую готовили из дистиллированной воды и растворов хлористого кальция и карбоната натрия. Модельная вода имела следующие показатели: щелочность 2,5 - 3,0 мг-экв/л, концентрация ионов кальция 2,5-3,0 мг-экв/л.

Коэффициент теплопередачи определяли из основного уравнения теплопередачи $Q = K \cdot F \cdot \Delta T_c$:

$$K = \frac{Q}{F \cdot \Delta T_c},$$

где Q - количество тепла, которое передается через стенку от горячего теплоносителя к холодному, ккал/ч; F -

поверхность теплообмена, м^2 ; K - коэффициент теплоизменения, ккал/($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$); ΔT - средняя разность температур между горячим и холодным теплоносителями, $^\circ\text{C}$.

Количество тепла, передаваемого от горячего теплоносителя к оборотной воде определяли по уравнению

$$Q = C \cdot G \cdot (t_2 - t_1),$$

где G - массовый расход оборотной воды, кг/ч; t_1 и t_2 - температура оборотной воды на входе и выходе из теплообменника, $^\circ\text{C}$; C - теплоемкость воды, ккал/кг.

В теплообменнике горячий теплоноситель и охлаждающая оборотная вода двигались навстречу друг-другу, т.е. был осуществлен противоточный режим их движения, поэтому среднюю разность температур между ними определяли по уравнению

$$\Delta T = \frac{\Delta t_b - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_b}{\Delta t_m}}$$

На лабораторной модели водооборотного цикла было проведено две серии экспериментов. Первую серию проводили при отключенном антиакипном аппарате при следующих параметрах работы

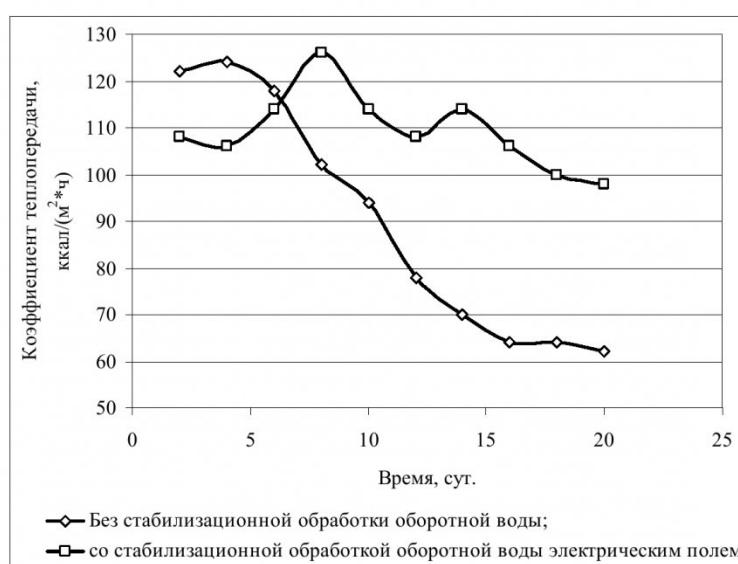


Рис 2. Зависимость коэффициента теплопередачи от времени работы модельного ВОЦ

установки:

- pH оборотной и подпиточной воды 7,3 – 8,3;
- щелочность оборотной и подпиточной воды 1,6 – 2,6 мг-экв/л;
- концентрация кальция в оборотной и подпиточной воде 2,4 – 3,4 мг-экв/л;
- расход оборотной воды 0,16 – 0,24 л/мин;

Вторую серию экспериментов проводили при включенном антинакипном аппарате. Плотность катодного тока в этих экспериментах составляла 2,6 – 3,0 А/м². Она достигалась за счет подачи на электроды постоянного напряжения, равного 2,65 – 2,7 В. Температурный режим работы установки в этой серии экспериментов соответствовал температурному режиму ее работы предыдущей серии.

В процессе работы контролировали pH, щелочность оборотной воды и содержание в ней кальция – один раз в день; расход оборотной воды и горячего

теплоносителя, их температуры на входе и выходе из теплообменника – 1 раз в час. Для каждого часа работы установки определяли коэффициент теплопередачи от горячего теплоносителя к оборотной воде. Полученные значения усредняли и получали среднее за день значение коэффициента теплопередачи.

Полученные данные приведены на рис. 2, который отражает динамику изменения коэффициента теплопередачи в процессе работы водооборотного цикла без стабилизационной обработки оборотной воды и с обработкой электрическим полем. Из этого рисунка видно, что без стабилизационной обработки оборотной воды наблюдается более значительное снижение значения коэффициента теплопередачи во время работы ВОЦ, чем при стабилизационной обработке оборотной воды электрическим полем. Из этого же рисунка видно, что обработ-

ка оборотной воды электрическим полем не приводит к существенному снижению значения коэффициента теплопередачи в течение всего периода работы водооборотного цикла. Следовательно, в трубках теплообменника не происходит отложений солей жесткости.

К такому же выводу привело определение скорости отложений карбоната кальция на поверхности образцов из нержавеющей стали. Установлено, что за время контакта с водой, равное 98 часам, увеличения их массы практически нет.

Подтверждается ранее сделанный вывод, что обработка оборотной воды электрическим полем является эффективным способом защиты теплообменного оборудования от отложений минеральных солей в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапотошкина Н.П.Б Сазонов Р.П. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей. – М.: Энергоиздат, 1982. – 200 с.
2. Костриkin Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. - М.: Энергоатомиздат, 1990.- 254 с.
3. Сапожникова Ф.Х., Соснина Л.И., Ушаков Г.В. Антинакипная электрическая обработка воды. Человек и окружающая среда. Сб. научн. тр. Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1987, с. 93 – 97.
4. Ушаков Г.В. Защита тепловых сетей от отложений накипи. Вестник Кузбасского государственного технического университета. Кемерово. Изд-во КузГТУ, 2000, № 1, с.57-60.
5. Неведров А.В., Ушаков Г.В. Сравнительный анализ физических методов обработки воды для уменьшения накипеобразования. Теплоэнергетика, 2003, №11, с. 62-64.
6. Неведров А.С., Ушаков Г.В., Трясунов Б.Г. Обработка воды электрическим полем для защиты поверхностей водогрейного оборудования от накипи. Вестн. Кузбасс. гос. технич. ун-та. Кемерово. 2002, №3, с. 66-68.

УДК 621.182.12: 621.311.22

Г.В. Ушаков

АНТИНАКИПНОЙ АППАРАТ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ОТ ОТЛОЖЕНИЙ СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ

Метод стабилизации оборотной воды в водооборотных циклах (ВОЦ) промышленных предприятий с использованием ингибиторов отложений имеет

ряд недостатков. Одним из них является использование реагентов, часто имеющих высокую стоимость и токсичность для водных биоценозов.

Для исключения воздействия ВОЦ, использующих ингибиторы, на природные водные объекты требуется полная герметизация этих систем, и их