

## ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

Белорусское общество инженеров-механиков (ОО «БОИМ») проводит семинар «Повышение надежности и безопасности компрессорных установок». Он состоится 15 марта 2000 г. в актовом зале «МИНСКЭНЕРГО» (г. Минск, ул. Оранская, 24. Транспорт: автобусы № 8, 43, 79, троллейбусы № 3, 16 до остановки «КБТМ»).

Запланированы доклады и консультации высококвалифицированных специалистов.

Участникам семинара выдается комплект литературы и обеспечивается сервисное обслуживание.

Регистрационный взнос в сумме 8 тыс. руб. за одного участника перечисляется платежным поручением на р/с ОО «БОИМ» № 3015274100111 в АКБ «Минсккомплексбанк», код 734 УНН 100929594 ОКПО 37338001 с пометкой «За участие в семинаре».

Регистрация участников с 9.00. Начало работы в 10.30.

Справки по тел./ф. 226-73-36 в Минске.

**В программе семинара:**

1. Специфические требования к компрессорам различного назначения.
2. Учет отказов в работе компрессорных установок, разработка и осуществление мероприятий по повышению их надежности и безопасности в эксплуатации.
3. Методы освидетельствования и диагностирования узлов компрессорных установок.
4. Особенности проведения ремонтных работ узлов компрессорных установок.

(О направленности предстоящего семинара свидетельствуют публикуемые ниже выдержки из некоторых докладов).

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОМПРЕССОРОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*О.Н. ЗАХАРЕНКО, научный сотрудник,*

*В.Л. КОЛПАЩИКОВ, заведующий сектором, кандидат физико-математических наук*

*(АНК «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова» НАНБ)*

Компрессор является одним из основных элементов холодильной установки. Эксплуатационные характеристики компрессора непосредственно взаимосвязаны с характеристиками конденсатора. Так, при повышении температуры рабочего тела на выходе из конденсатора увеличивается расход энергии на сжатие рабочего тела в компрессоре, а, следовательно, и стоимость эксплуатации всей холодильной установки. Поэтому для обеспечения эффективной и экономичной работы установки необходимо поддерживать установленный оптимальный темпе-

ратурный режим конденсатора.

Известно, что тепловая нагрузка конденсатора холодильной машины складывается из холодопроизводительности  $Q_0$  и теплового эквивалента адиабатической мощности компрессора  $N_a$ :

$$Q = Q_0 + 860 N_a.$$

С другой стороны, тепловая нагрузка конденсатора зависит от коэффициента теплопередачи и разности температур между рабочим телом и охлаждающим агентом [1]. Следовательно, на наш взгляд, одним из направлений оптимизации работы компрессоров холодильных установок является обеспечение устойчи-

вого температурного режима конденсатора.

При эксплуатации оборотных систем охлаждения холодильных установок достигается пресыщение воды по карбонату кальция за счет концентрирования солей (в том числе солей жесткости) и удаления углекислоты в охладителях. Это приводит к образованию отложений в трубках конденсаторов.

Структура и состав отложений, образующихся на теплообменных поверхностях, зависят от ряда факторов: технологических эксплуатационных параметров (температур,

давлений, скорости воды, удельных тепловых потоков), конструкторских решений (материал и диаметр теплообменных трубок), качества используемой воды. Последний параметр складывается из комплекса показателей: общего соледержания, содержания взвешенных частиц, их дисперсности и кислотности воды (рН), содержания основных накипеобразующих ионов ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) [2].

Теплопроводность образующегося слоя накипи (0,1-0,2 Вт/м · К) во много раз меньше теплопроводности металла, поэтому даже при незначительном слое отложений резко уменьшается теплопередача между теплоносителями и повышается температура стенок трубок (рис.1) [2], что, в свою

проводы и теплообменные аппараты подвергаются коррозионным процессам, существенно ухудшающим их технические характеристики и уменьшающим срок эксплуатации оборудования. Особенно подвержены воздействию коррозии охлаждающей воды нелегированные стали и медьсодержащие материалы.

Для обработки охлаждающей воды холодильных установок применяют отстаивание, коагуляцию, фильтрацию, ультразвук и магнитную обработку.

Предлагается для борьбы с соледержанием и процессами коррозии использовать кублен МА, который обладает рядом полифункциональных свойств, включающих:

- предотвращение накипеобразования и стабилизацию жес-

Для изучения вышеуказанного препарата были проведены теоретические и экспериментальные исследования по изучению и установлению физико-химических свойств кублена МА; изучению влияния его на стабилизацию жесткости воды, ингибирование накипеобразования и коррозии, диспергирование твердых частиц.

Кублен МА относится к классу фосфорсодержащих комплексонов. Комплексоны характеризуются высокой реакционной способностью, взаимодействуют с большим числом катионов в широком диапазоне рН, образуя прочные комплексы. Особенностью этого класса соединений является способность соединений влиять на кристаллизацию карбоната кальция. Экспериментально установлено, что специфическое действие комплексонов на кристаллизацию карбоната кальция в перенасыщенном растворе проявляется в торможении как зарождения центров кристаллизации, так и роста самих кристаллов, при этом существенно изменяется форма самих кристаллов. В необработанной воде образуются кристаллы ступенчатой формы (структура арагонита). При добавке к воде комплексонов кристаллы имеют неправильную форму и отличаются высокой дисперсностью.

Кублен МА представляет собой продукт на базе различных фосфоновых и поликарбонатовых кислот. Фосфоновые кислоты являются органическими замещенными фосфорной кислоты и получаютс

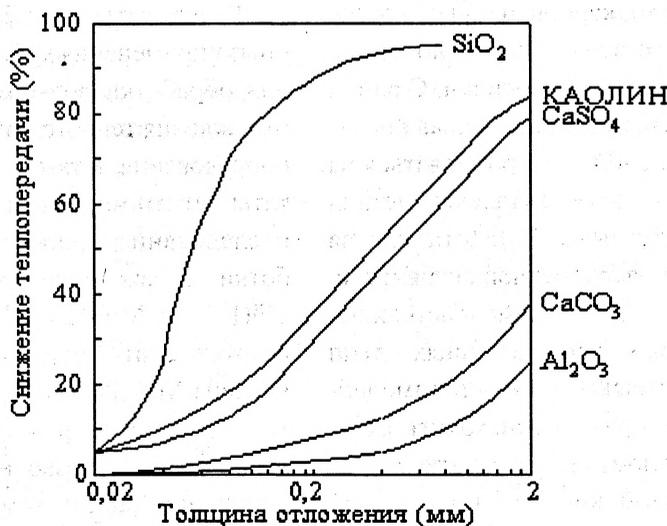


Рис.1. Теплопередача в зависимости от толщины отложения.

очередь, ведет к снижению экономичности теплотехнического оборудования:

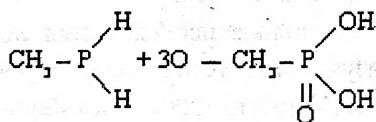
$$T_{ст}^{вн} = T_{среды} + q / \alpha_2 + q \delta_{отл} / \lambda_{отл}$$

Кроме отложений трубо-

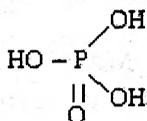
кости воды;

- разрушение имеющихся отложений;
- ингибирование коррозионных процессов;
- диспергирование твердых частиц.

тем окисления первичных фосфинов.



Фосфоновые кислоты можно рассматривать как производные ортофосфорной кислоты



из которой одна гидроксильная группа замещена на алкил.

Наличие алкильной группы (CH<sub>3</sub>) обеспечивает фосфовым кислотам поверхностную активность на границе раздела жидкость - газ и твердое - жидкость. Полярная же группа ответственна за растворимость этих соединений в воде.

Исследуемый продукт - МА - в естественных условиях представляет собой жидкость светло-желтого цвета, хорошо смешиваемую с водой при любых соотношениях. Плотность - 1,24 г/см<sup>3</sup> при температуре 20 °С; температура замерзания ниже - 7 °С; рН кублена имеет значение 2,0; рН его 0,5 и 10%-ных растворов в воде составляет 3,7 и 3,2 соответственно.

Установлено, что кублен МА относится к сильно диссоциирующим соединениям, удельная проводимость которого изменяется в исследуемой области концентраций от 2 · 10<sup>-3</sup> до 3 · 10<sup>-2</sup> Ом<sup>-1</sup> см<sup>-1</sup>.

Кублен благодаря наличию алкильных групп способен снижать поверхностное натяжение на границе раздела жид-

кость/газ. Таким образом, молекулы кублена МА будут самопроизвольно стремиться к поверхности металла и адсорбироваться на них за счет химических связей путем образования комплексов металл - фосфоновая кислота.

Как уже указывалось ранее, в состав кублена МА кроме фосфоновых кислот входят поликарбоновые.

Во-первых, присутствие поликарбоновых кислот способствует удалению ранее образовавшихся гипсовых осадков. Их действие основано на разрушении этих осадков путем образования устойчивых комплексов с ионами кальция, в результате чего растворимость осадков увеличивается.

Во-вторых, поликарбоновые кислоты имеют в своем составе углеводородный радикал и несколько карбоксильных групп, т.е. эти вещества можно отнести к полиэлектролитам. С одной стороны поликарбоновая кислота способна адсорбироваться на поверхности комплекса металл - фосфоновая кислота как за счет поверхностной активности, так и за счет взаимодействия некоторых карбоксильных групп с комплексом. Это взаимодействие может происходить как с металлом, так и с остатком фосфоновой кислоты по двойной связи = O. В результате адсорбции образуется пленка поликарбоновой кислоты на поверхности комплекса, имеющая отрицательный заряд за счет непрореагировавших карбоксильных групп.

Наличие двойного электрического слоя на поверхности комплекса металл - фосфоновая кис-

лота обеспечивает растворимость и диспергирование и препятствует флокуляции частиц. Кублен МА имеет хорошую растворимость в воде и высокую степень диссоциации в водных растворах, что определяется полярной группой НРО<sub>2</sub>. В состав молекул кублена кроме гидрофильной полярной группы входит гидрофобная углеводородная цепь, наличие которой обуславливает слабое межмолекулярное взаимодействие и низкие значения свободной поверхностной энергии соединений. Это обеспечивает стремление кублена МА адсорбироваться на поверхностях с более высокой энергией, к которым относятся вода и металлы, создавать на этих поверхностях поверхностные пленки, тем самым защищая поверхность от коррозионных процессов.

Результаты зарубежного опыта применения кублена МА для обработки воды контуров охлаждения теплотехнического оборудования, а также результаты опытно-промышленного исследования процесса обработки охлаждающей воды на ТЭЦ - 4 г. Минска позволяют рекомендовать использование кублена МА для стабилизации температурного режима конденсатора, что позволит оптимизировать работу компрессора холодильной установки.

#### Л и т е р а т у р а.

1. Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г. Холодильные машины и аппараты. М.: Госторгиздат, 1960. 656 с.

2. Маргулова Т.Х., Мартынова О.И. Водные режимы тепловых и атомных станций. М.: Высш. школа, 1987. 319 с.