

и себестоимость продукта, удельный расход сырья и электроэнергии [1].

Основными особенностями охлаждающей воды, способствующими загрязнению внутренних поверхностей трубок конденсаторов турбин и оросителей градирен, представляются:

1) склонность к выделению нерастворимых солей при нагреве воды в конденсаторе;

2) наличие микро- и макроорганизмов, способных поселяться и развиватьсья на поверхностях теплообмена;

3) наличие механических взвесей (шлама, ила, песка и др.), которые могут оседать, особенно в присутствии микроорганизмов, на поверхностях трубок конденсаторов [2].

Программы реагентной обработки направлены на предотвращение накипеобразования, образования биоотложений на теплообменных поверхностях и уменьшение скорости коррозии до приемлемых значений.

Режим стабилизационной реагентной обработки воды наиболее оптимален и экономичен при дозировании ингибитора пропорционально количеству подпиточной воды с одновременным поддержанием уровня солесодержания в циркуляционной воде в заданных пределах и постоянной концентрации реагента в обрабатываемой воде, что способствует обеспечению гарантированной эффективности предлагаемых программ реагентной обработки [3, 4].

На Кишинёвской ТЭЦ-2 проектной мощностью 240 МВт и тепловой мощностью 1200 Гкал/ч, установлено следующее основное оборудование:

энергетические котлы ТГМ-96Б производительностью 480 т/ч — 3 шт.;
паровые турбины ПТ-80/100-130 — 3 шт.

Энергоблоки, станционные № 1 – 3, введены в эксплуатацию в 1976, 1978 и 1980 гг. соответственно.

Оборотная система охлаждения включает в себя две башенных градирни. Параметры оборотной системы охлаждения приведены далее.

Оборотную систему подпитывали водой, прошедшей предварительную подготовку на осветителях. Контроль работы системы осуществляли по расчёту индекса Ризнера (индекса стабильности). Параметры подпиточной и оборотной воды представлены далее.

В период с 2001 по 2010 г. на Кишинёвской ТЭЦ-2 применяли ингибитор коррозии и накипеобразования с дозированием серной кислоты с нормированным расходом примерно 20 – 30 г/м³ подпиточной воды и доведением значения pH до 7,1 – 7,3. Данный ингибитор хорошо справился с образовавшимися отложениями, но в даль-

Водно-химический режим оборотной системы охлаждения Кишинёвской ТЭЦ-2

КРАСЮК В. М., АХТЕНБЕРГ Е. И., АО «Кишинёвская ТЭЦ-2»

МД-2023, Молдова, г. Кишинёв, ул. Мештерул Маноле, д. 3

craciuc@mail.ru

ИЗОСИН В. А., ООО «ТехноХим Реагент», Украина



В. М. Красюк



Е. И. Ахтенберг



В. А. Изосин

Приведён опыт применения реагентов PuroTech на Кишинёвской ТЭЦ-2, Молдова, для обработки воды системы охлаждения от процессов коррозии и накипеобразования, а также рассмотрено влияние реагентов на биологические обрастания. Доказана эффективность применения данных реагентов. Показано, что применяемая программа обеспечивает наиболее оптимальный и экономичный режим реагентной обработки воды. Данный режим с использованием реагентов марки PuroTech гарантирует эффективность предлагаемой программы реагентной обработки систем оборотного водоснабжения и направлен на предотвращение накипеобразования, образования биологических отложений на теплообменных поверхностях и уменьшение скорости коррозии до нормируемых значений.

Ключевые слова: водно-химический режим, оборотное водоснабжение, башенные градирни, скорость коррозии, циркуляционная вода, ингибитор коррозии и накипеобразования, ингибитор медной коррозии, биоцид.

О т качества и эффективности работы систем оборотного водоснаб-

жения зависят производительность технологического оборудования, качество

Параметры оборотной системы охлаждения

	Летом	Зимой
Объём системы, м ³	7575	7575
Рециркуляция, м ³ /ч	8710	6200
Перепад температур, °С	8 – 13	5 – 7
Коэффициент упаривания	2,0 – 3,5	2,0 – 3,5
Максимальная температура в системе, °С	40	40
Подпитка, м ³ /ч	104*	63,5 – 67**
Потери на упаривание, м ³ /ч	70*	14 – 15**
Вентиляционные потери, м ³ /ч	23*	43 – 45**
Утечки, м ³ /ч	11*	6,5 – 7,0**

* Нормативы, разработанные по фактическим данным за 2003 – 2004 гг.

** Фактические данные за 2009 г.

Аналитические данные по качеству воды оборотного цикла

	Добавочная вода	Циркуляционная вода
Значение pH	10,2 – 10,5	8,4 – 8,5
Жёсткость $\text{Ж}_{\text{общ}}$, мг-экв/дм ³	1,7	3,5 – 5,5
Щёлочность $\text{Ш}_{\text{м.о.}}$, мг-экв/дм ³	0,5 – 0,7	1,5 – 2,0
Жёсткость кальциевая Ca^{2+} , мг-экв/дм ³	1,1	2,0 – 3,5
Содержание хлоридов Cl^- , мг/дм ³	26 – 28	65 – 80
Солесодержание, мг/дм ³	180 – 200	600 – 900
Индекс Ризнера (норма 6 – 6,5)	—	5,7 – 6,1
Индекс Ланжелье	—	0,59 – 1,04

Таблица 1

Номер опыта	$V_{\text{корр}}$, мм/год	Реагент	Концентрация реагента в воде, мг/дм ³
Техническая вода			
1	0,16	Применяемый реагент	30
2	0,09	PuroTech 43	30
3	0,04	PuroTech 110	30
Оборотная вода			
4	0,35	Применяемый реагент	30
5	0,08	PuroTech 110, K_y 1,6	30
6	0,18	PuroTech 110 K_y 2,0	30

нейшем вызвал повышенную коррозию металла.

Для снижения коррозии металла и защиты его от отложений и биообрастаний было принято решение провести испытания новых реагентов марки PuroTech.

В период с 26 по 29 апреля 2010 г. в лабораторных условиях при помощи индикатора скорости коррозии МОНИКОР 2М (ТУ 4217-003-77850157-2009) была проверена скорость коррозии стали Ст. 3 в оборотной воде при существующем режиме. Параллельно проводились испытания по сравнению ингибирования — скорости коррозии Ст. 3 в технической воде — реагентами PuroTech 43, PuroTech 110 и применяемым реагентом.

Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о следующем.

- Скорость коррозии стали Ст. 3 в технической воде, обработанной применяемым реагентом при дозе 30 мг/дм³, составила в среднем 0,16 мм/год; обработанной реагентом

PuroTech 43 при дозе 30 мг/дм³, — 0,09 мм/год; обработанной реагентом PuroTech 110 при дозе 30 мг/дм³, — 0,04 мм/год

- Скорость коррозии стали Ст. 3 в оборотной воде, обрабатываемой реагентом при рекомендованной дозе 30 мг/дм³, составила 0,35 мм/год; обработанной реагентом PuroTech 110 при дозе 30 мг/дм³ (K_y = 1,6), — в среднем 0,08 мм/год; обработанной реагентом PuroTech 110 при дозе 30 мг/дм³ (K_y = 2,0), — в среднем 0,18 мм/год, а при дозе 40 мг/дм³ — в среднем 0,08 мм/год.

Параметры подпиточной и оборотной воды, новый режим

	Добавочная вода	Циркуляционная вода
Значение pH	7,1 – 7,3	8,4 – 8,5
Жёсткость $\text{Ж}_{\text{общ}}$, мг-экв/дм ³	3,23	3,5 – 5,5
Щёлочность $\text{Ш}_{\text{м.о.}}$, мг-экв/дм ³	1,5	1,5 – 2,0
Жёсткость кальциевая Ca^{2+} , мг-экв/дм ³	1,7	2,0 – 3,5
Содержание хлоридов Cl^- , мг/дм ³	26 – 28	65 – 80
Солесодержание, мг/дм ³	200 – 230	600 – 900
Индекс Ризнера (норма 6 – 6,5)	—	5,7 – 6,1
Индекс Ланжелье	—	0,59 – 1,04

В результате проведённых работ установлено:

- дозирование применяемого реагента недостаточно для ингибирования коррозии стали Ст. 3 до скорости менее 0,1 мм/год;
- наилучшие результаты после сравнения полученных данных продемонстрировал реагент PuroTech 110 при дозе 30 мг/дм³ (0,08 мм/год) при K_y = 1,6 и при дозе 40 мг/дм³ (0,08 мм/год) при K_y = 2,0.

По итогам испытаний для усиления программы реагентной обработки и уменьшения процессов коррозии в системе Кишинёвской ТЭЦ-2 было принято решение о переходе на обработку оборотной системы реагентом PuroTech 110 и биоцидом PuroTech 62. Следует отметить, что начальное предложение предполагало дозирование трёх биоцидов: PuroTech 62 (5 мг/дм³), PuroTech 63 (10 мг/дм³), PuroTech 68 (10 мг/дм³), во избежание привыкания к обработке, однако по финансовым соображениям количество и число биоцидов уменьшили.

Испытаниями установлено, что осветлённая вода, идущая на подпитку градирен, обладает сильными коррозионными свойствами. Использование же только технической воды при коэффициенте упаривания 3,0 привело бы к образованию отложений. Поэтому было решено смешивать техническую и осветлённую воды в соотношении 2:1, сохранив дозирование серной кислоты, что обеспечило оптимальный результат работы оборотной системы.

Параметры подпиточной и оборотной воды при новом реагентном режиме указаны далее.

В дальнейшем, в ходе внедрения и контроля реагентной обработки было установлено повышенное поглощение данной оборотной системой ионов цинка. Связано данное обстоятельство с периодичностью работы ТЭЦ, при которой оборотная система останавливается на летний период.

В целях быстрого насыщения оборотной воды ионами цинка в пусковой период и в период, когда его содержание в оборотной воде менее норматива (1,0 – 1,5 г/м³), было рекомендовано применять 10 %-ный раствор сульфата



Рис. 1. Вид купона с незначительной точечной коррозией поверхности

Дата снятия показаний	Продолжительность эксплуатации, ч	Номер купона	Скорость коррозии, мм/год
14.07.2011	339	1	0,025
14.07.2011	1320	2	0,142
14.07.2011	1008	3	0,115
14.07.2011	339	4	0,044
Останов, введение реагента PuroTech Polihib TT			
29.08.2011	169	1	0,032
07.09.2011	382	2	0,038



Рис. 2. Вид купона с отложениями металлической меди на поверхности

Таблица 2

Для измерения скорости коррозии была смонтирована «Станция по контролю скорости коррозии в оборотной воде», в которую установлены образцы-свидетели из стали Ст. 3. Скорость коррозии оценивали по внешнему виду образцов и вычисляли по разности масс.

На рис. 1 представлен вид купона (контрольного образца), на поверхности которого видна незначительная точечная коррозия.

Несмотря на принимаемые меры по насыщению системы ионами цинка, при стабильной концентрации ионов цинка в оборотной воде бывали отдельные случаи, когда скорость коррозии стали, измеренная по потере массы купона, превышала гарантированную норму 0,1 мм/год.

Неоднократно предпринимались попытки обнаружить причину такого явления (предполагалось наличие меди в оборотной воде), но безрезультатно. Анализы показывали наличие меди в чрезвычайно незначительных, «безопасных» количествах.

Через некоторое время при извлечении купона из станции на его поверхности были обнаружены отложения металлической меди (рис. 2).

Для предотвращения гальванической коррозии стали в оборотной системе из-за присутствия медных сплавов (латунных конденсаторов) был применён реагент PuroTech Polyhib TT (шоковая дозировка 10 мг/дм³, на подпитку — 3,3 мг/дм³).

Данные по скорости коррозии приведены в табл. 2.

С конца 2011 г. для усиления контроля скорости коррозии на «Станции по контролю скорости коррозии в оборотной воде» установлен прибор Моникор-2М.

цинка. Наиболее экономичная доза введения данного продукта пропорциональна количеству подпиточной воды.

В случае опорожнения или замены большого объёма воды в системе возможно шоковое его дозирование.



Рис. 4. Общий вид образцов-свидетелей

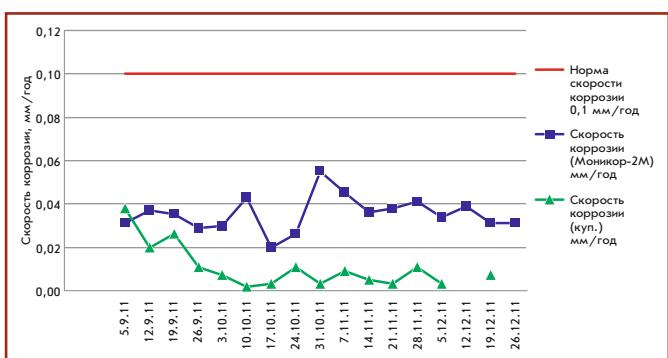


Рис. 5. Скорость коррозии стали Ст. 3 в 2011 г.

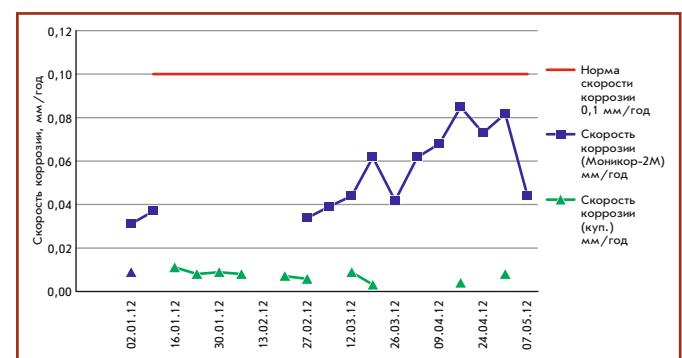


Рис. 6. Скорость коррозии стали Ст. 3 непосредственно перед остановом оборотной системы охлаждения в 2012 г.

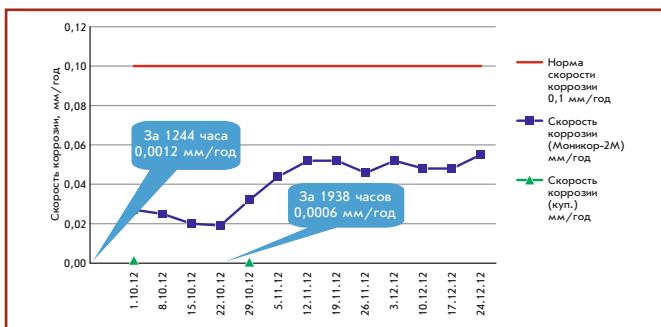


Рис. 7. Скорость коррозии за 2012 г. (после пуска оборотной системы охлаждения)

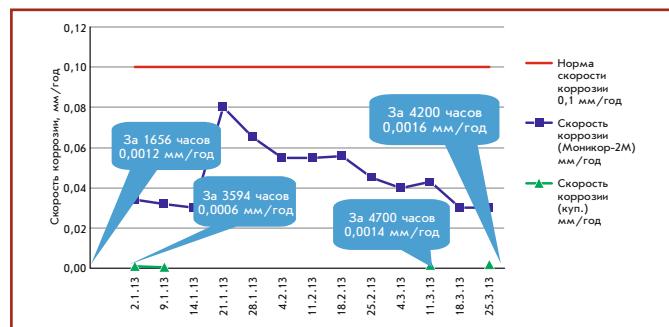


Рис. 8. Скорость коррозии за 2013 г.



Рис. 9. Состояние купона, снятого из «Станции по контролю скорости коррозии в оборотной воде», непосредственно после извлечения, необработанного



Рис. 10. Состояние купона, снятого из «Станции по контролю скорости коррозии в оборотной воде», после обработки

никор 2М (рис. 3), скорость коррозии измеряется практически непрерывно.

Наряду с эффективной борьбой с отложениями неорганического характера обработка реагентами PuroTech предусматривает и борьбу с биологическими отложениями, теплопроводность которых в 10 раз ниже, чем кальциевых и железоокисных. Поочерёдное применение двух марок биоцидов (PuroTech 62 и PuroTech 63) позволило предотвратить привыкание микроорганизмов и водорослей к обработке, исключить биологическую коррозию.

На сегодняшний день для обработки охлаждающей воды применяются следующие реагенты:

PuroTech 110 ингибитор, г на 1 м³ подпиточной воды — 30;

PuroTech 62 биоцид, г на 1 м³ общего объёма воды, 1 раз в 30 дней — 5;

PuroTech 63 биоцид, г на 1 м³ общего объёма воды, 1 раз в 30 дней — 10;

PuroTech Polihib TT ингибитор, г на 1 м³ подпиточной воды — 3,3

Образцы-свидетели выглядят достаточно хорошо (рис. 4).

Результаты измерения скорости коррозии за 2012 г. и часть 2013 г. представлены в виде графиков (рис. 5 — 8).

Из-за незначительной потери массы купоны решено было снимать 1 — 2 раза в месяц, но в действительности их стали снимать ещё реже.

На рис. 9 и 10 показано состояние купона, снятого из «Станции по контролю скорости коррозии в оборотной воде», непосредственно после извлечения, необработанного (рис. 9), а также после обработки (рис. 10).

Для контроля процессов накипеобразования, коррозии и биообразования используются следующие методы:

- накипеобразование — выполняются измерения и расчёт транспортирования кальция;

- коррозия — ведётся прямое непрерывное измерение при помощи коррозиметра Моникор 2М. Купоны или образцы-свидетели служат для измерения абсолютного значения скорости коррозии, а также для определения характера коррозионных повреждений;

- биообразование — определение общего микробиологического числа (ОМЧ) с помощью биотестов.

Годовой экономический эффект за счёт сокращения потребления подпиточной воды с учётом затрат на реагенты для коррекционной обработки

циркуляционной воды оборотной системы охлаждения составил 117 тыс. дол. США.

Выводы

Комплексное применение реагентов PuroTech для обработки охлаждающей воды на Кишинёвской ТЭЦ-2 обеспечило:

надёжную защиту оборудования от процессов коррозии, накипеобразования и биологических обрастаний;

средняя скорость коррозии уменьшена с 0,4 до 0,001 мм в год;

снижена скорость образования органических и неорганических отложений;

за счёт снижения скорости коррозии и образования отложений расход воды для продувки системы охлаждения снизился до минимальных значений. Расход технической воды на собственные нужды сократился вдвое. Экономия технической воды составила 50 %;

темпер роста температурных напоров снизился в 2 раза, что повлекло за собой снижение удельного расхода условного топлива на производство электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко Д. И., Гладков В. А. Оборотное водоснабжение. — М.: Стройиздат, 1980. — 169 с.

2. РД 34.22.501—87. Методические указания по предотвращению образования минеральных и органических отложений в конденсаторах турбин и их очистке. — М.: СПО Союзтехэнерго, 1987.

3. Изосин В. А. Экономическая эффективность применения реагентной обработки оборотной воды реагентами PuroTech: Применение воды в теплозагористике // Сб. докл. Межд. науч.-техн. конф., посвящённой 90-летию со дня основания ВТИ. — М.: ОАО ВТИ, 2012. — 350 с.

4. Изосин В. А. Реагентная обработка оборотных систем охлаждения. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС. Цели и задачи // Сб. докл. Межд. науч.-техн. конф. — М.: ОАО ВТИ, 2013. — 260 с.