

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университетінің ғылыми журналы
Научный журнал Павлодарского государственного
университета им. С. Торайғырова

*1997 жылы құрылған
Основан в 1997 г.*

İ Ì Ó
ÕÀÁÀÐØ ÛÑÛ

ÂÃÑÒÍ ÈÊ Ì ÃÓ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

Научный журнал Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации
№ 4533-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан
31 декабря 2003 года

Арын Е.М., д.э.н., профессор (главный редактор);
Кислов А.П., к.т.н., доцент (зам. гл. редактора);
Бергузинов А.Н. (отв. секретарь).

Редакционная коллегия:

Баубеков К.Т., к.т.н., доцент;
Глазырин А.И., д.т.н., профессор;
Глазырин С.А., к.т.н., доцент;
Захаров И.В., д.т.н., доцент;
Клецель М.Я., д.т.н., профессор;
Новожилов А.Н., д.т.н., профессор;
Тастенов А.Д., к.т.н., доцент;
Утегулов Б.Б., д.т.н., профессор;
Хацевский В.Ф., д.т.н., профессор;
Айтжанова Д.Н. (тех. редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.
Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.
Рукописи и дискиеты не возвращаются.
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

МАЗМҰНЫ

Р.А. Авазбакиев, Б.М. Байтеміров Бассейннің сулы айшанағының жүйесін тазарту	9
Р.А. Авазбакиев, Б.М. Байтеміров Павлодар мемлекеттік педагогикалық институтының бассейнін пайдалану режімдері	13
Б.М. Байтеміров, А.С. Утельбаев, В.П. Зленко, А.И. Глазырин Тура өтетін қазанның бу оттегі консервацияның әдісі	19
С.Е. Балхиянов, Н.Е. Тепбергенов, А.О. Кондратьев, А.Ж. Кабыкенов, С.А. Глазырин Тоқтау тәртібіндегі гидразинның мүсәтір ерітіндісіндегі барабан қазандарының консервациясы	24
А.И. Глазырин, В.В. Кузнецов Жылуқұбырдағы РН суы ортақысымды шойындардағы үрлемелі судың құрамы мен көлеміне байланысты мөлшерленеді	30
А.И. Глазырин, В.В. Кузнецов Ингибитор тұздарының бөліну әдістерінің механизмі	34
А.И. Глазырин, С.А. Глазырин, К.С. Смаилов Су дайындауды жүйедегі ЖЭС сарқынды суларды қолданудың перспективасының күйі	39
В.П. Зленко, А.С. Утельбаев, Б.М. Байтемиров, А.И. Глазырин Химиялық коррозия	45
Н.Н. Карпенко, Л.Н. Карпенко, Д.А. Текжанова, С.А. Глазырин Жұмыс істейтін жабдықтың коррозиясы	50
Л.Н. Карпенко, Н.Н. Карпенко, Е.В. Кочтова, С.А. Глазырин Жылу энергетикалық жабдықтың көмірқышқыл коррозиясы	58
А.П. Кислов, А.С. Звонцов Telmax цифрларға тығыздауын көп каналды жүйенің шолуы	63
А.П. Кислов, А.С. Звонцов Келешек ұрпақтар үшін болашақта желіні дамыту	68
А.П. Кислов, А.С. Звонцов Қазіргі технологияның инфокоммуникациялары	74
А.О. Кондратьев, А.Ж. Кабыкенов, С.Е. Балхиянов, А.С. Утельбаев, А.И. Глазырин Оның ағуына коррозияның зерттеуінің әдістері және бақылау	80
И.С. Копотун, В.Ф. Говорун Электрқабылдағыштардың жұмысына кернеуді несимметрияның ықпалының төмендетуі бойынша әдістер және техникалық шешімдердің таңдауы	89
Е.В. Кочтова, Д.Ж. Текжанова, Л.Н. Карпенко, Н.Н. Карпенко, С.А. Глазырин Оттегілік тоттану	93

А.К. Мерғалимова, А. Қырықбай, А.И. Глазырин		
Көмірлердің гидрогенизациясы.....	99	
А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова, Е.Н. Колесников, А.В. Нефтисов		
Электр машиналарының роторының эксцентриситетінде әуе саңылау шамасын пішіндеу әдістерін зерттеу.....	105	
С.А. Смердов, Н.Н. Карпенко, Д.Ж. Текжанова, А.И. Глазырин		
Металдың кристалл арасындағы коррозиясы.....	109	
Д.Ж. Текжанова, Е.В. Кочтова, С.А. Смердов, Н.Н. Карпенко, А.И. Глазырин		
Тұрақ коррозиясы.....	116	
А.С. Утельбаев, Б.М. Байтеміров, В.П. Зленко, А.О. Кондратьев, С.А. Глазырин		
Консервацияның құрғақ әдісі.....	121	
Біздің авторлар.....		125
Авторлар үшін ереже.....		127

СОДЕРЖАНИЕ

Р.А. Авазбакиев, Б.М. Байтемиров Очистка системы подпитки водой чаши бассейна	9
Р.А. Авазбакиев, Б.М. Байтемиров Режимы эксплуатации бассейна Павлодарского государственного педагогического института	13
Б.М. Байтемиров, А.С. Утельбаев, В.П. Зленко, А.И. Глазырин Консервация прямоточного котла парокислородным методом	19
С.Е. Балхиянов, Н.Е. Тепбергенов, А.О. Кондратьев, А.Ж. Кабыкенов, С.А. Глазырин Консервация барабанных котлов аммиачным раствором гидразина в режиме их останова	24
А.И. Глазырин, В.В. Кузнецов Зависимость pH воды теплосети от состава и объема дозируемой в неё продувочной воды котлов среднего давления	30
А.И. Глазырин, В.В. Кузнецов Механизм действия ингибиторов отложения солей	34
А.И. Глазырин, С.А. Глазырин, К.С. Смаилов Состояние перспективы использования сточных вод ТЭС в системе водоподготовки	39
В.П. Зленко, А.С. Утельбаев, Б.М. Байтемиров, А.И. Глазырин Химическая коррозия	45
Н.Н. Карпенко, Л.Н. Карпенко, Д.А. Текжанова, С.А. Глазырин Коррозия работающего оборудования	50
Л.Н. Карпенко, Н.Н. Карпенко, Е.В. Кочтова, С.А. Глазырин Углекислотная коррозия теплоэнергетического оборудования	58
А.П. Кислов, А.С. Звонцов Обзор многоканальной системы цифрового уплотнения Telmax	63
А.П. Кислов, А.С. Звонцов Перспективы развития сети следующего поколения	68
А.П. Кислов, А.С. Звонцов Современные инфокоммуникационные технологии	74
А.О. Кондратьев, А.Ж. Кабыкенов, С.Е. Балхиянов, А.С. Утельбаев, А.И. Глазырин Методы изучения коррозии и контроль за ее протеканием	80
И.С. Копотун, В.Ф. Говорун Анализ влияния несимметрии напряжения на работу электроприемников и способы её снижения	89
Е.В. Кочтова, Д.Ж. Текжанова, Л.Н. Карпенко, Н.Н. Карпенко, С.А. Глазырин Кислородная коррозия	93

А.К. Мергалимова, А. Кырыкбай, А.И. Глазырин	
Гидрогенизация углей.....	99
А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова,	
Е.Н. Колесников, А.В. Нефтисов	
Исследование методов моделирования величины воздушного зазора при эксцентриситете ротора электрических машин.....	105
С.А. Смердов, Н.Н. Карпенко, Д.Ж. Текжанова, А.И. Глазырин	
Межкристаллитная коррозия металла.....	109
Д.Ж. Текжанова, Е.В. Кочтова, С.А. Смердов,	
Н.Н. Карпенко, А.И. Глазырин	
Стояночная коррозия	116
А.С. Утельбаев, Б.М. Байтемиров, В.П. Зленко,	
А.О. Кондратьев, С.А. Глазырин	
Сухой метод консервации	121
Наши авторы.....	125
Правила для авторов	127

CONTENT

R.A. Avazbakiev, B.M. Baytemirov Purification of a pool bowl water volume control system	9
R.A. Avazbakiev, B.M. Baytemirov Modes of operation of the swimming pool of PSP1	13
B.M. Baytemirov, A.S. Utelbayev, V.P. Zlenko, A.I. Glazyrin Steam oxygen method of conservation of a straight-flow boiler	19
S.E. Balkhiyanov, N.E. Tlepbergenov, A.O. Kondratyev, A.Z. Kabykenov, S.A. Glazyrin Conservation of drum boilers with ammoniacal solution of hydrazine in the mode of stopping	24
A.I. Glazyrin, V.V. Kuznetsov The dependence of the PH of water in heating systems on the content and volume of blowdown water supplied in its medium pressure boilers	30
A.I. Glazyrin, V.V. Kuznetsov Mechanism of action of salt deposition inhibitors	34
A.I. Glazyrin, S.A. Glazyrin, K.S. Smailov Condition of prospect of use of sewage in the water preparation system	39
V.P. Zlenko, A.S. Utelbayev, B.M. Baytemirov, A.I. Glazyrin Chemical corrosion	45
N.N. Karpenko, L.N. Karpenko, D.J. Tekjanova, S.A. Glazyrin Corrosion of the working equipment	50
L.N. Karpenko, N.N. Karpenko, Y.V. Kochtova, S.A. Glazyrin Carbon-dioxide corrosion of the heat-and-power equipment	58
A.P. Kislov, A.S. Zvontsov Overview of multi-channel digital compression Telmax	63
A.P. Kislov, A.S. Zvontsov Prospects for development of the next generation network	68
A.P. Kislov, A.S. Zvontsov Modern infocommunication technology	74
A.O. Kondratyev, A.Z. Kabykenov, S.E. Balhiyanov, A.S. Utelbayev, A.I. Glazyrin Methods of studying of corrosion and control over its course	80
I.S. Kopotun, V.F. Govorun Analysis of ways and technical decisions for decrease of influence of the pressure asymmetry on the work of electroreceivers	89
E.V. Kochtova, D.Zh. Tekzhanova, L.N. Karpenko, N.N. Karpenko, S.A. Glazyrin Oxygen corrosion	93
A.K. Mergalimova, A. Kyrykbay, A.I. Glazyrin Coals hydrogenation	99
A.N. Novozhilov, N.A. Isupova, E.N. Kolesnikov, A.V. Neftissov Research of methods of design of air-gap size at excentricity of the rotor of electric machines	105

S.A. Smerdov, N.N. Karpenko, D.Zh. Tekzhanova, A.I. Glazyrin	
Integranular corrosion.....	109
D.Zh. Tekzhanova, E.V. Kochtova,	
S.A. Smerdov, N.N. Karpenko, A.I. Glazyrin	
Stand corrosion	116
A.S. Utelbayev, B.M. Baytemirov, V.P. Zlenko,	
A.O. Kondratyev, S.A. Glazyrin	
Dry method of conservation.....	121
Our authors.....	125
Rules for authors	127

ОЧИСТКА СИСТЕМЫ ПОДПИТКИ ВОДОЙ ЧАШИ БАССЕЙНА

Р.А. Авазбакиев, Б.М. Байтемиров

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

В период работы бассейна осуществляется его подпитка очищенной питьевой водой из городской системы. После опорожнения чаши бассейна его заполнение осуществляется также с использованием этой системы.

При эксплуатации трубопроводы системы загрязняются отложениями органических веществ, трубопроводы подвергаются коррозии и на их внутренних поверхностях образуются отложения оксидов железа: ближайший слой к металлу - плотные отложения и наружные отложения рыхлые.

Ежегодно бассейн останавливается для выполнения ремонтных работ и в этот период времени эксплуатационным персоналом осуществляется очистку поверхностей системы подпитки и фильтр тонкой очистки как от органических так и от оксидных отложений. Наилучший эффект дает отмывка с использованием химических реагентов: от органических загрязнений при использовании щелочного раствора, для удаления продуктов коррозии растворы слабой кислоты.

В связи с тем, что после промывки системы подпитки трубопроводы простаивают в течении 10-14 суток, после промывки слабой кислотой следует выполнить обработку поверхностей труб раствором, образующим защитную пленку. Наиболее дешевым раствором, дающим прекрасную защитную пленку является раствор силиката натрия концентрации 1-1,5 г/кг по SiO_3^{2-} .

Объем системы подпитки состоит из трубопровода диаметром 150 мм протяженностью около 70 м, что составляет

$$V=0.785 *d^2 * L = 1,24 \text{ м}^3 \quad (1)$$

и раствора, который должен находится в нижней части чаши бассейна объемом около 1, 8 м³.

Таким образом, общий объем промывочного раствора составит около 3 м³. На этот объем выполняются все расчеты расхода реагентов.

Щелочение внутренних поверхностей системы выполняется 0,2-0,3 % раствором каустической соды (щелочи). Расход 100 %-й щелочи составит 6-8 кг . Порядок проведения щелочения следующий:

- опорожняется бассейн, в нижней части остается примерно 1,8 м³ воды. Трубопроводы заполняются водой и организуется циркуляция воды

по контуру: остаток воды в чаше бассейна- насос- трубопроводы- нижняя часть бассейна.

- в отдельной емкости растворяется расчетное количество щелочи и заливается в нижнюю часть емкости чаши.

Циркуляция раствора щелочи осуществляется в течении 4-5 часов.

Слить раствор и промыть трубопроводы через насос до осветления воды на сбросе.

Промывка системы раствором кислоты. По опыту промывки системы эксплуатационным персоналом раствором щавелевой кислоты также организуется циркуляция раствора по контуру остаток воды в чаше бассейна-насос- трубопроводы- нижняя часть бассейна. Затем в отдельной емкости растворяется расчетное количество кислоты и заливается в нижнюю часть емкости чаши. Начальная концентрация промывочного раствора кислоты на уровне около 1%. Следовательно, требуется 100 %-й щавелевой (дикарбоновой) кислоты (НООС-СООН)

$$G=3\ 000\ \text{кг} \cdot 1/100 = 30\ \text{кг} \quad (2)$$

Циркуляция раствора осуществляется от 4 до 6 часов, после чего раствор дренируется и выполняется промывка системы водой до осветления на сбросе и величине рН раствора не ниже 7,0.

Осветленная вода сбрасывается, и в свежую порцию воды подается расчетное количество консервирующего раствора силиката натрия (жидкого стекла). На 3 м³ воды требуется от 9 до 13 кг жидкого технического стекла с концентрацией по SiO₃²⁻ 31-33 %. В консервирующий раствор силиката натрия необходимо подать от 0,3 до 0,6 кг едкого натра, что позволит нейтрализовать остатки кислотного раствора, а также улучшить консервирующие свойства жидкого стекла. Циркуляция раствора осуществляется в течении 6-8 часов. Если раствор останется в контуре закрытым, то защитная пленка сохраняет свои защитные свойства во все время нахождения раствора в трубах. При сбросе раствора защитная пленка сохраняет свои свойства в течении 30-40 суток.

Для приготовления консервирующего раствора использовали технический продукт – содовое жидкое стекло. Жидкое стекло представляет собой густой раствор серого цвета, без механических включений, видимых невооруженным глазом.

Качество товарного, жидкого стекла

Показатель	Единиц измер	Жидкое стекло	
		Содовое	Содово-сульфатное
SiO ₂	%	31-33	28,5-29,5
Na ₂ O	%	10-12	10,11
F ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ , не более	%	0,25	0,40
CaO не более	%	0,20	0,25
SO ₃ в пересчете на серу, не более	%	0,06	0,40
Силикатный модуль, Мк	%	2,65-3,4	2,65-3,00
Плотность,	кг/м ³	(1,36-1,5) 10 ³	(1,43-1,5) 10 ³

Среди сравнительно небольшой группы водорастворимых силикатов наиболее широко в промышленности, в частности — в практике противокоррозионной защиты, используют силикат натрия (технические названия — растворимое стекло, жидкое стекло, силикатный клей).

Метасиликат натрия Na₂SiO₃ растворяется в воде с несколько труднее, чем другие соли силиката. Растворение сопровождается гидролизом по реакции



Следует иметь в виду, что наблюдаемая на практике растворимость щелочных силикатов не дает представления о действительной их растворимости в воде, так как при контакте с водой они подвергаются гидролизу. Существует предположение, что только Na₂SiO₃ и NaHSiO₃ присутствуют в водных растворах.

NaHSiO₃ по сравнению с Na₂SiO₃ гидролизуетея слабо. В водных растворах силиката натрия с модулем больше двух силикатный ион уже не является простым ионом SiO₃²⁻, а представляет собой комплексный ион или же агрегацию простого иона с коллоидным кремнеземом. Можно рассматривать раствор силиката натрия как раствор кремниевой кислоты в растворе силиката натрия, в котором молярное соотношение Na₂O : SiO₂ находится в пределах 1:1,5 до 1:4.

Независимо от слоя ржавчины на поверхности труб силикаты создают тонкий (до 20 мкм) слой в виде соединений Fe₃O₄ * FeSiO₃.

Образующийся на поверхности ферросиликат натрия (FeSiO₃) укрепляет оксиды железа различной формы, экранируя металл от воздействия агентов коррозии CO₂ и O₂.

При силикатной обработке вводимый трисиликат натрия взаимодействует с растворенной свободной углекислотой по реакции



Na_2O связывает свободную углекислоту, повышает pH воды и снижает углекислотную коррозию металла. Каждый миллиграмм $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{SiO}_2$ связывает 0,36 мг CO_2 , образуя при этом 0,7 мг NaHCO_3 . Кроме того, на поверхности трубопроводов откладывается в виде защитной пленки 0,75% SiO_2 .

Вопрос о специфических свойствах силиката натрия как замедлителя общей и локальной коррозии стали достаточно изучен для водной среды, содержащей кислород.

Длительные эксплуатационные наблюдения и экспериментальные исследования защитного действия силиката натрия в отношении углеродистой стали показали, что коррозия стали в первые несколько часов уменьшается, затем практически полностью прекращается.

Защитные действия силиката натрия практически не зависят от величины pH в пределах от 8,3 до 10.

При значении pH раствора около 7 создаваемые на поверхности стали защитные пленки также имеют достаточно высокую живучесть; время разрушения пленок при выдержке образцов в конденсате составляет не менее 17 суток, при условии, что консервирующий раствор сдренирован.

Исследования и опыт эксплуатации показывают, что среда, содержащая только кремниевую кислоту, способна полностью затормозить развитие кислородной коррозии.

Силикат натрия является ингибитором коррозии смешанного действия.

Ингибиторное действие силиката натрия можно рассматривать как совокупность пассивирующего и кроющего воздействия на поверхность стали продуктов гидролиза — гидроксида натрия и кремниевой кислоты.

Следует отметить особенности реакционной способности силиката натрия по отношению к кислородсодержащим соединениям железа.

Продукты коррозии углеродистой стали содержат разнообразные кислородсодержащие соединения железа, прежде всего оксиды и гидроксиды железа: $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Fe_3O_4 , Fe_2O_3 и FeO . Практический интерес представляет вопрос о реакционной способности силиката натрия по отношению к различным кислородсодержащим соединениям железа, так как такого рода химическое взаимодействие лежит в основе образования на поверхности стали защитной пленки.

Формирование защитных пленок в растворе гидроксида натрия наступает практически мгновенно вследствие пассивации поверхности металла. В растворах же силиката натрия полный защитный эффект достигается медленнее вследствие более медленного процесса образования защитных пленок с участием силикат-анионов. Однако в целом защитное действие силиката натрия значительно более эффективно, чем гидроксида натрия.

При повышении pH растворов силиката натрия время формирования защитных пленок сокращается.

Следует отметить возможность многократного использования консервирующих силикатных растворов. В экологическом отношении это делает силикатную обработку сталей весьма привлекательной. В процессе противокоррозионной защиты и при хранении силикатные растворы практически не снижают ингибиторные свойства. Это дает возможность сливать отработанные растворы в емкости и повторно их использовать. При необходимости производят корректировку концентрации силиката натрия в растворе.

Эти практические исследования показали. Что такой технологией системы заполнения и фильтров тонкой очистки плавательного бассейна экономически выгодно, т.е. трубы заполнения сохраняется от коррозии и находятся в эксплуатации более длительное время.

Вода в ванне бассейна, заполненная по очищенной системе подпитки, не представляет опасности для купающихся, т.к. последняя стадия обработки это отмывка системы от консервирующего раствора силиката натрия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация. - Павлодар: ЭКО, 2011.-728с.

Түйіндеме

Бұл мақалада бассейнің сулы айшанағының жүйесін тазарту және коррозиядан ығысу сұрағы қарастырылады.

Resume

The article discusses the purification of a pool bowl's water volume control system.

УДК 628.1

РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ БАСЕЙНА ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Р.А. Авазбакиев, Б.М. Байтемиров

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Плавательный бассейн ППИ относится к современным сооружениям и оборудуется двумя системами водоснабжения:

- внутренним водопроводом для удовлетворения хозяйственных, питьевых и бытовых нужд бассейна,
- технологическим водопроводом, обеспечивающим снабжение ванны бассейна очищенной и дезинфицированной водой.

Обе системы водоснабжения получают воду из общего источника — городского водопровода.

По водному режиму это бассейн с оборотной системой водообмена, обеспечивающей многократное использование налитой воды благодаря непрерывной очистке и дезинфекции ее в процессе рециркуляционного водообмена.

Во время плавания вода может попадать в рот, нос, уши. Поэтому к воде в ваннах плавательных бассейнов по основным физико-химическим и бактериологическим показателям предъявляются требования, предусмотренные ГОСТ 2874—73 для питьевой воды.

Распределительная система подачи воды в ванну обеспечивает наиболее полное ее смешение с водой, поступающей из впускных отверстий и с водой, находящейся в ванне.

Вода в ванне бассейна должна быть прозрачной и безопасной в бактериальном отношении. Однако даже после незначительного времени эксплуатации она теряет первоначальное качество, если не применять специальные способы водообмена и циркуляции. В воде появляются бактериальные загрязнения, увеличивается содержание веществ минерального и органического происхождения, изменяющих ее органолептические свойства (прозрачность, цвет, запах). На качество воды большее влияние оказывает температура.

При циркуляции воды распределение обеззараживающего реагента по сечениям ванны достаточно равномерное. Если в мелкой части ванны при периодическом хлорировании без циркуляции слоев воды остаточный хлор полностью исчезает за 4—5 ч, а в глубокой части за 2—3 ч, то при циркуляции воды он присутствует в мелкой и глубокой частях ванны в продолжение всего периода циркуляции. Неравномерность распределения хлора по сечениям ванны продолжает заметно ощущаться и при циркуляции воды, если неверно решена распределительная система ее подачи. Отсутствие циркуляции слоев резко ухудшает качество воды.

О загрязненности воды в ванне с рециркуляционным водообменом можно также судить по окисляемости, которая не должна превышать $3 \text{ мг O}_2 / \text{дм}^3$.

При эксплуатации бассейна в воде появляется альбуминоидный аммиак, свидетельствующий о загрязнении воды органическими веществами, вносимыми в воду пловцами. До настоящего времени не разработаны обоснованные нормы допустимого прироста содержания хлоридов и альбуминоидного аммиака в воде бассейнов, поэтому эти показатели качества воды пока не нормируются.

Однако в практике эксплуатации бассейнов допускается увеличение содержания хлоридов в воде ванны не более 50—60 мг/дм³, (содержание хлоридов в питьевой воде г. Павлодара на уровне 10-13 мг/дм³) а альбуминоидного и минерального аммиака — не более 0,5 мг/ дм³, что обычно соответствует непрерывной 1,5—2-месячной эксплуатации рециркулируемой воды.

В бассейне ППИ осуществляется хлорирование воды. При хлорировании воды в системе оборотного водоснабжения бассейна концентрация остаточного хлора составляет 0,3—0,5 мг/дм³. При длительной рециркуляции воды наблюдается «привыкание» бактерий, микроорганизмов и даже амёб к этой концентрации остаточного хлора. Образовавшиеся устойчивые формы можно уничтожить, применив перехлорирование воды или комбинированный метод ее обеззараживания.

Для интенсификации процессов осветления и обесцвечивания циркулирующей воды путем многократного пропуска ее через водоочистные установки в плавательном бассейне ППИ применяют коагулирование сернокислым алюминием.

Процесс обесцвечивания воды согласно современным представлениям протекает следующим образом. При добавлении к очищаемой воде раствора сульфата алюминия в течение первых

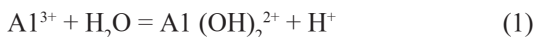
30 ... 180 с происходит гидролиз введенных солей и формирование коллоидных гидроксидов алюминия и железа, имеющих огромные активные поверхности. Коллоидные примеси, содержащиеся в воде, адсорбируются на поверхности цепочек гидроксидов. При этом различают два процесса: собственно адсорбцию и фиксацию (закрепление) адсорбированных коллоидов на поверхности. В основе процесса адсорбции лежат силы межмолекулярного взаимодействия. Величина адсорбции коллоидных частиц пропорциональна их дисперсности: она тем больше, чем выше дисперсность и чем меньше устойчивость частиц. Большое значение в процессе фиксации адсорбированных примесей принадлежит их коагуляции, вызываемой разноименностью зарядов, адсорбированных частиц и поверхности сорбента. Знак и величина заряда у адсорбирующих коллоидных частиц влияют на их адсорбируемость.

Коагуляция коллоидов гидроксидов алюминия и выделение из воды совместно с адсорбированными на их поверхности коллоидными примесями происходит под действием растворенных в воде электролитов. В связи с этим очистка цветных вод с повышенной минерализацией протекает обычно лучше, мягких, с пониженным солесодержанием. Из изложенного следует, что коагуляции в объеме подвергаются не коллоидные примеси воды, а образующиеся при гидролизе коагулянтов гидроксиды. Очистка воды происходит не в результате взаимной коагуляции примесей, а вследствие их адсорбции на поверхности гидроксидов. Коагуляция гидроксидов заканчивается выведением из очищенной воды отработанного сорбента.

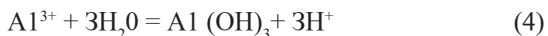
Введенный в обрабатываемую воду сернокислый алюминий в результате его диссоциации на ионы и последующего гидролиза катионов алюминия образует выпадающую в осадок гидроокись алюминия и ионы водорода, препятствующие дальнейшему протеканию процесса гидролиза.

Реакция гидролиза ускоряется при разбавлении коагулянта.

Гидролиз солей алюминия (коагулянтов) протекает ступенчато



Суммарно реакция



Из реакции гидролиза видно, что с увеличением степени гидролиза рН раствора должна понижаться. Повышение рН воды обеспечивает более полный гидролиз введенного в нее коагулянта. Очевидно, что для быстрого и полного протекания гидролиза коагулянтов необходим некоторый щелочной резерв воды, т. е. наличие в ней достаточного количества гидрокарбонат-ионов, которые связывали бы ионы водорода, выделяющиеся при гидролизе.

Из-за наличия в воде буферной системы (гидрокарбонат-ионы и углекислота) с рН, близким к 7, рН воды при гидролизе коагулянтов в большинстве случаев изменяется незначительно.

Когда количество гидрокарбонат-ионов, содержащихся в воде, недостаточно для полного гидролиза коагулянта, щелочность воды повышают введением щелочных реагентов

Концентрация водородных ионов, при которой гидроксид алюминия имеет минимальную растворимость, лежит в интервале рН=6,5 . . . 7,5. Осаждение гидроксида алюминия начинается при рН = 3 и достигает максимума при рН=7. При дальнейшем увеличении рН осадок начинает растворяться, что становится заметным при рН равным или более 9.

В бассейне ППИ осуществляется хлорирование воды. При хлорировании воды в системе оборотного водоснабжения бассейна концентрация остаточного хлора составляет 0,3—0,5 мг/дм³. При длительной рециркуляции воды наблюдается «привыкание» бактерий, микроорганизмов и даже амёб к этой концентрации остаточного хлора. Образовавшиеся устойчивые формы можно уничтожить, применив перехлорирование воды или комбинированный метод ее обеззараживания.

Кроме того, при его применении вода приобретает бактерицидные свойства, так как обеззараживающий реагент (хлор, хлорсодержащие соединения) сохраняется в воде в течение продолжительного времени.

Хлорирование — процесс обеззараживания воды с применением газообразного хлора или хлорсодержащих соединений, вступающих в реакцию с водой или с растворенными в ней солями. В результате взаимодействия хлора с протеинами и аминосоединениями, содержащимися в оболочке бактерий и их внутриклеточном веществе, происходят окислительные процессы, химические изменения внутриклеточного вещества, распад структуры клеток и гибель бактерий и микроорганизмов.

В процессе хлорирования образуются соляная HCl и хлорноватистая HOCl кислоты. Хлорноватистая кислота диссоциирует на ионы водорода H^+ и гипохлорита OCl^- . Наличие HOCl и OCl^- в воде обеспечивает присутствие в ней свободного активного хлора.

Обеззараживание воды хлором или хлорсодержащими препаратами производится такими дозами, чтобы после полного окисления органических веществ в воде оставался избыток хлора, так называемый остаточный хлор.

Остаточный хлор может присутствовать в воде в виде свободного или связанного активного хлора. Процесс хлорирования воды протекает неравномерно: содержание остаточного хлора возрастает с увеличением дозы вводимого хлора до количества, необходимого для окисления всех имеющихся в воде органических веществ. При дальнейшем увеличении дозы вводимого хлора концентрация остаточного хлора падает до минимума, при котором исчезают в воде привкусы и запахи (особенно хлорфенольные), а после этого наступает перелом, и дальнейшее увеличение дозы хлора приводит к пропорциональному увеличению концентрации свободного активного остаточного хлора.

Если вода бассейна имеет рН равном 7,2, то в ней присутствует около 60% активного хлора в виде хлорноватистой кислоты HOCl , а с увеличением рН количество HOCl уменьшается, при рН равном 8,5 содержится всего около 10% хлорноватистой кислоты. Поэтому обеззараживающий эффект при рН равном 7,2 приблизительно в 6 раз больше, чем при рН равном 8,5. Верхним пределом следует считать рН равном 7,8. При рН более 7,8 снижается бактерицидное воздействие хлора, увеличиваются мутность и цветность, становится возможным обрастание труб, фильтров. Для сохранения бактерицидного эффекта хлора в воде в этом случае приходится увеличивать концентрацию хлора, что приводит к раздражению слизистой оболочки глаз и носа. Нижним пределом следует считать рН равном 7,2. Дальнейшее снижение рН ведет к усилению окислительных процессов, способствует возникновению коррозии, а при дальнейшем увеличении концентрации остаточного хлора — к раздражению слизистой оболочки глаз. При рН

менее 6,5 вода становится настолько агрессивной, что начинается усиленная коррозия во всей рециркуляционной системе.

Активность хлора изменяется и с появлением аммиака в воде бассейна. При этом хлор реагирует с аммиаком, образуя хлорамины. Наличие в воде аммиака влияет на соотношение в воде хлораминов и HOCl . Хлор проявляет больше активности к окислению при реакции с аммиаком, чем к образованию HOCl .

В последние годы за рубежом для обеззараживания воды в бассейнах применяют гипохлоритные растворимые таблетки, которые опускают непосредственно в ванну в количестве, определяемом анализами на содержание остаточного хлора.

Для ванн небольшого размера (наливных, проточных) кроме гипохлорита кальция может быть применена хлорная известь. Недостатком этого реагента является относительно малое содержание активного хлора (до 25—30%) и наличие большого количества нерастворимых примесей.

Можно применять также комбинированное обеззараживание воды бассейна двумя реагентами:

а) медным купоросом дозой 0,2—0,5 мг/дм³ и хлором (вводится дважды — до и после фильтров), с концентрацией остаточного хлора после фильтров 0,3—0,5 мг/дм³;

б) медным купоросом и поваренной солью в соотношении 1:3.

В этом случае в воду бассейна ежедневно добавляют сернокислую медь из расчета 0,9 г на 1 м³ воды и хлористый натрий (поваренную соль) в количестве 2,7 г на 1 м³ воды. Эти реагенты (дезинфектанты) вводят в воду до фильтров.

В бассейне ППИ несколько лет применяется на практике технология очистки воды, которая позволяет за счет увеличенных доз реагентов очистить воду в течении не длительного времени. И получить качество ее соответствующее качеству питьевой воды.

Используемая технология не требует дренирования всей массы воды.

По норме продолжительность опорожнения бассейна 12 часов, а наполнение 24 часа. На практике же в плавательном бассейне ППИ слив воды осуществляется за 49 часов, а наполнение за 48 ч и более.

В плавательном бассейне ППИ осуществляется следующая технология эксплуатации.

В воду заливается 15-18 литров концентрированного раствора коагулянта $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Через 24 часа водолаз очищает дно от осадка при помощи эжектора. При этом насос рециркуляции воды в бассейне отключен. Для удаления шлама из бассейна используется одно из двух имеющихся на дне отверстий, в которое вводится один конец шланга, в то время как вторым концом шланга собирается шлам со стенок и дна бассейна, за счет полученного эффекта эжекции.

На конце шланга одета специальная щетка для сбора осадка. Очистка дна водолазом заканчивается через 2-3 часа. Это позволяет, не сливая воду из бассейна проводить очистку воды. Объем бассейна 700 м³, а затраты на проводимую очистку дна не превышает 40-50 м³ воды.

После очистки дна воду в бассейне хлорируют гипохлоридом кальция CaCl₂, после выдержки в течении 3-4 часов в воду подается медный купорос CuSO₄ для дополнительного обеззараживания и подкрашивания воды в бассейне.

Полностью вода в бассейне меняется не через 1,5 –2 месяца, а 1 раз в год, при этом в течении всего периода эксплуатации вода соответствует требованиям ГОСТ на воду питьевого качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация. - Павлодар: ЭКО, 2011.-728с.

Түйіндеме

Бұл мақалада бассейнің пайдалану режимдері қарастырылады.

Resume

The article discusses the modes of operation of the swimming pool.

УДК 621.182.47

КОНСЕРВАЦИЯ ПРЯМОТОЧНОГО КОТЛА ПАРОКИСЛОРОДНЫМ МЕТОДОМ

**Б.М. Байтемиров, А.С. Утельбаев, В.П. Зленко,
А.И. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Энергооборудование до недавнего времени консервировалось с помощью органических реагентов или путем заполнения контура инертным газом с поддержанием избыточного давления. Органические реагенты необходимо удалять из контура и захоранивать, а при поддержании избыточного давления нельзя проводить ремонтные работы.

Ранее предпусковые и эксплуатационные промывки пароводяных трактов котельных агрегатов проводились дорогостоящими и дефицитными химическими реагентами (пищевая лимонная кислота, трилон Б и соляная кислота).

Схемы таких промывок требуют значительного расхода труб, связаны с большими трудозатратами на монтаж и демонтаж систем очистки.

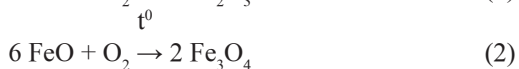
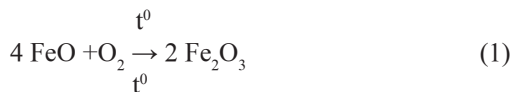
При проведении химической очистки образуется большое количество стоков, загрязненных химическими реагентами и взвешенными веществами.

Защита оборудования от коррозии с использованием различных реагентов не обеспечивает пассивации металла и устойчивой защиты от коррозии тракта котла, что приводит к появлению большого количества продуктов коррозии в пароводяном тракте ТЭС в первый же период эксплуатации оборудования.

Учитывая недостатки существующих методов очистки и пассивации, во многих организациях проводились исследовательские работы в этом направлении, увеличивающих надёжность эксплуатации. В результате был разработан принципиально новый метод очистки, пассивации и консервации внутренних поверхностей энергетического оборудования перегретым паром с кислородом.

Теоретической основой [1] очистки, пассивации и консервации паром содержащим кислород при температурах 300+400 °С, является следующее.

Плотный слой оксидов железа, связанный непосредственно с металлом, состоит в значительной степени из оксида железа двухвалентной формы FeO, который термодинамически неустойчив и стремится перейти в более стабильную и устойчивую форму магнетита Fe₃O₄ или гематита Fe₂O₃. Изменение фазового состава и структуры отложений происходит по режимам.



В момент изменения фазового состава прочность структуры отложений нарушается и при высоких скоростях перегретого пара 20-80 м/с происходит механическое удаление отложений.

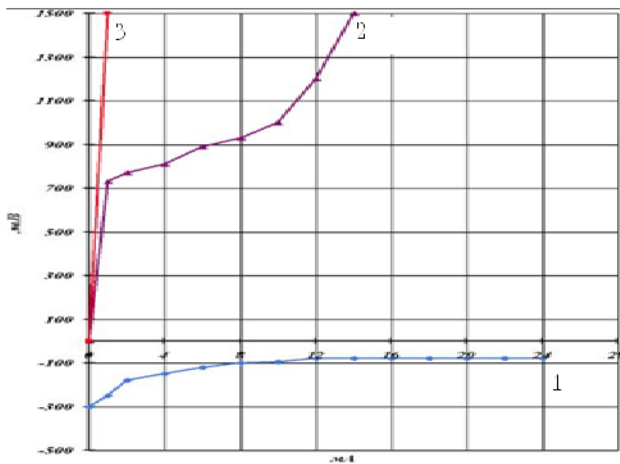
На очищенной поверхности металла при высоких температурах в присутствии окислителя создаётся прочная защитная пленка магнетита.



и дополнительной специальной пассивации не требуется.

Были проведены исследования [2] полученной оксидной пленки. С помощью капельного метода была сопоставлена коррозионная стойкость полученной пленки с коррозионной стойкостью аустенитной нержавеющей

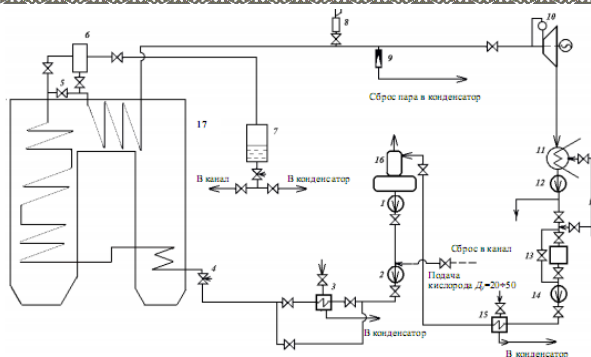
стали ОХ18Н10Т (шлифованный образец). При этом было получено что металл после парокислородной обработки имеет на своей поверхности весьма устойчивую защитную пленку: капля индикаторного реактива не проникла к металлу в течении 120 мин наблюдения. Для аустенитной нержавеющей стали изменение окраски капли произошло через 30 мин. Сравнительная оценка защитных свойств оксидных пленок полученная методом снятия поляризационных кривых, практически совпадает с оценкой, полученной при исследованиях образцов труб капельным методом.



1-исходный образец из стали 20 после кислотной очистки и гидразионно-аммиачной пассивации; 2-исходный образец ОХ18Н10Т; 3- образец из стали 20 после ПВКО, П и К

Рисунок 1- Поляризационные кривые для образцов металлов

Обработку поверхностей нагрева рекомендуется[3] проводить для восстановления нарушенных защитных пленок за счет повышенных дозирования кислорода. Содержание кислорода в питательной воде увеличивается до 1-2 мг/кг за несколько часов до останова котла. В процессе обработки контролируют содержание кислорода в питательной воде перед котлом



1-бустерный насос; 2-питательный насос; 3 –регенеративные подогреватели высокого давления; 4 – регулятор питания котла; 5- встроная задвижка; 6- встроанный сепаратор; 7- расширитель 0,2Мпа; 8- выхлоп пара; 9- пускосбросное быстродействующее устройство; 10- турбина; 11- конденсатор; 12-конденсатный насос первой ступени; 13- блочная обессоливающая установка; 14- конденсатный насос второй ступени; 15- регенеративные подогреватели низкого давления; 16- деаэратор; 17- прямоточный котел

Рисунок 2- схема ПВКО,П и К энергоблока с прямоточным котлом

Однако следует учитывать, что при работе оборудования образуется высокотемпературная защитная оксидная пленка, которую в период расхолаживания просто следует сохранить. Для этого не требуется перед остановом увеличивать содержание кислорода в питательной воде до 1-2 мг/кг. Повышенное содержание кислорода ведет к созданию на металле оксидной пленки увеличенной толщины. С увеличением толщины оксидной пленки разрушения её при расхолаживании, вызванные различием температурных линейных расширений металла и защитной пленки, увеличиваются.

Отмечается [3], что сколы и трещины в защитных пленках залечиваются, только при наличие консервирующего агента в оборудовании в режиме постепенного снижения температуры металла до достаточно низких температур.

Преимущества технологии в том что:

- очищает внутренние поверхности нагрева после монтажа и какого-то времени эксплуатации;
- обеспечивает глубокую пассивацию металла и позволяет отказаться от консервации оборудования во время останова;
- предотвращает перенос продуктов коррозии по пароводяному тракту энергоблока в пусковых, переменных и стабильных режимах эксплуатации;
- не имеет сточных вод и не загрязняет водосемы;

- отсутствуют сложные металлсъемкие схемы обработки;
- не применяются органические и неорганические кислоты, ранее использовавшиеся для очистки котлоагрегатов и трубопроводов;
- возможно применение на многих объектах запассивированной пароводокислородным методом углеродистой стали вместо аустенитной нержавеющей стали;
- исключает трудоемкие работы по монтажу и демонтажу схем и проводится в период пуска или останова котлов (энергоблоков);
- исключает необходимость наличия специальных сооружений для приема, переработки и захоронения сточных вод;
- не требует высоких затрат на ремонт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по предпусковой парокислородной очистке и пассивации пароводяного тракта теплоэнергетического оборудования. МУ 34-70-128-85. ВТИ . 1986. - С.60
2. Манькина Н.Н., Журавлева Л.С. Исследование пассивации внутренней поверхности оборудования парокислородным методом. \ \ Электрические станции, № 7. 1996.
3. Методические указания по консервации теплоэнергетического оборудования. РД 34.20.591-97. СПО ОРГРЭС- М., 1997. - С.40.

Түйіндеме

Мақалада коррозиядан металлдың ығысы консервацияның бу оттегі әдісі туралы сұрақ қарастырылады.

Resume

The article discusses the protection of metal from corrosion by steam oxygen method of conservation.

УДК 621.182.36

КОНСЕРВАЦИЯ БАРАБАННЫХ КОТЛОВ АММИАЧНЫМ РАСТВОРОМ ГИДРАЗИНА В РЕЖИМЕ ИХ ОСТАНОВА

**С.Е. Балхиянов, Н.Е. Тлепбергенов, А.О. Кондратьев,
А.Ж. Кабыкенов, С.А. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Пассивация поверхностей нагрева раствором гидразина с аммиаком при высоких температурах обеспечивает формирование защитной пленки весьма высокого качества. Особенно эффективна такая пассивация в закрытых системах для сред с малым содержанием кислорода (не более 0,03 мг/дм³) и повышенным рН. При этом в формировании высокотемпературного слоя участвует сравнительно небольшое количество оксидов железа, находящихся на поверхности металла. Основная же масса Fe₂O₃, так же, как и Fe(OH)₂, Si₂O, SiO, за счет изменения параметров кристаллической решетки в результате их восстановления до закисных и металлических форм и образования комплексных соединений теряет прочную связь с основным металлом и удаляется с поверхностей нагрева.

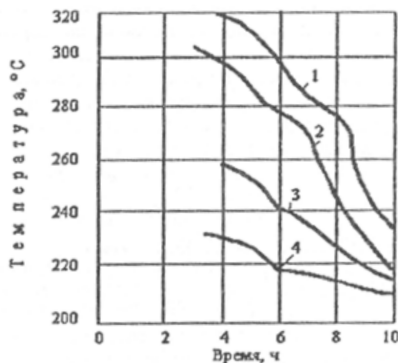
Полнота удаления оксидов железа и меди с поверхности нагрева в начальный период проведения консервации зависит от концентрации гидразина в воде, температуры среды, а также структуры и состава продуктов коррозии.

Проведение высокотемпературной консервации в режиме останова позволяет использовать теплоту остывающего котла. Так, при останове барабанного котла высокого и сверхвысокого давления без принудительного расхолаживания температура среды превышает 230 °С в течение не менее 6 ч (рис. 1). В этом режиме консервации значительно экономится дорогостоящий реагент гидразин-гидрат, или трилон Б.

Условием успешного проведения консервации котла является ввод пассивирующих реагентов при максимально высоких температурах среды. Для барабанного котла это достигается вводом концентрированных растворов непосредственно после его отключения от паросборного коллектора.

Опыт проведения высокотемпературной консервации котлов в режиме их останова при различной дозировке реагентов за тот же период показывает, что высокотемпературная защитная пленка, образующаяся при начальной концентрации гидразина около 30-50 мг/дм³ и рН более 10,5, сохраняет свои защитные свойства не менее 15 дней. Поэтому при продолжительности

простота оборудования в пределах этого срока, даже с учетом возможных непринципиальных отклонений в технологических режимах консервации гидразина в консервирующем растворе не должна превышать 50 мг/дм³.



1 - экраны; 2, 3 - экономайзеры первой и второй ступеней, 4 - ПВД.

Рисунок 1 - Температура среды в поверхностях нагрева при остывании барабанного котла высокого давления (типа БКЗ-420-140)

Раствор для проведения высокотемпературной пассивации можно готовить на котловой воде различного солевого состава. Так, котловая вода ТЭЦ с подпиткой химически очищенной водой (исходная вода - р. Иртыш) содержала до 10 мг/дм³ хлоридов в чистом отсеке и до 50 мг/дм³ - в соленом. Сумма остальных анионов (PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} , SO_4^{2-} и др.) не превышала 40 по чистому отсеку и 200 мг/дм³ - по соленому. Солеосодержание котловой воды в чистом отсеке достигало 50, а в соленом - 250 мг/дм³. Анализируя состав котловой воды, следует заметить, что содержание хлоридов находилось в пределах, допустимых для приготовления консервирующего раствора. Однако исходную концентрацию гидразина следовало несколько увеличить из-за его расхода на образование комплексных соединений с примесями. Котловая вода котлов при подпитке их обессоленной водой имеет солеосодержание в чистом отсеках от 20 до 40, а в соленом от 20 до 60 мг/дм³. Содержание хлоридов как в чистом, так и в соленом отсеке не превышает 1, кремниевой кислоты по чистому и соленому отсеку - соответственно 1-1,5 и до 10 мг/дм³. В отсутствие кислорода и при наличии в растворе других анионов допустимая концентрация хлоридов может достигать 350 мг/ дм³ или даже десятых долей процента. Оптимальные концентрации гидразина в консервирующем растворе, которые приведены в табл. 1.

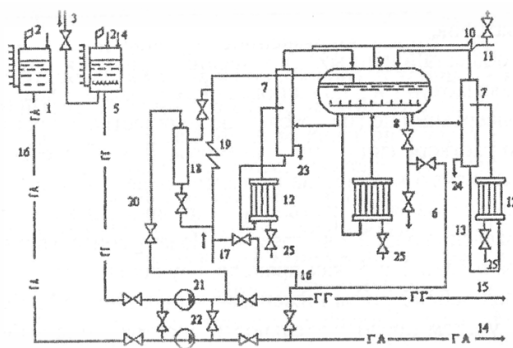
Таблица 1

Концентрация гидразина в консервирующем растворе

Вид оборудования	Вид останова (длительность ремонта)		
	Капитальный, более 45 сут.	Текущий расширенный, 15-45 сут.	Текущий, 7-15 сут.
Барабанные котлы $p = 11,0$ и $15,5$ Мпа с подпиткой обес-соленной водой	150-200	100-130	30-50
Барабанные котлы $p = 11,0$ Мпа с подпиткой химически очи-щенной водой	Не менее 200	150-200	50-100

При повышенной загрязненности поверхностей нагрева или длительной безостановочной работе котла (более 4 мес.) необходимо поддерживать большее из приведенных в таблице 1 концентраций гидразина. Для выполнения консервации монтируется отдельная схема, показанная на рис. 2.

Оборудование, необходимое для приготовления концентрированного консервирующего раствора, размещается в существующем помещении гидразинной установки котлотурбинного цеха.



1 — бак концентрированного раствора аммиака; 2 - концентрированный раствор аммиака; 3 - подача воздуха; 4 - подача гидразина в бак; 5 - бак концентрированного раствора гидразина; 6 - трубопровод подачи консервирующего раствора в барабан котла; 7 — выносной циклон (соленый отсек); 8 - линия фосфатирования котла; 9 - барабан котла (чистый отсек); 10 - пароперегреватель; 11 - воздушник пароперегревателя; 12 - экран (соленый отсек); 13 - опускные трубы; 14 - трубопровод подачи аммиака на другие котлы; 15 - трубопровод подачи гидразина и аммиака на другие котлы; 16 - трубопровод подачи концентрированного раствора аммиака

на вход экономайзера котла; 17 - питательная вода на вход экономайзера; 18 - шайбовый дозатор; 19 — экономайзер; 20 - подача концентрированного раствора гидразина и аммиака в шайбовый дозатор; 21 - насос-дозатор гидразина и аммиака; 22 - насос-дозатор аммиака; 23, 24 — линия непрерывной продувки; 25 - линия периодической продувки.

Рисунок 2 - Схема высокотемпературной консервации барабанного котла в режиме его останова

Из общестанционных помещений хранения гидразина и аммиака в баки 1 и 5 по линиям 2-4 за несколько часов до начала консервации подают расчетное количество концентрированного раствора гидразина и аммиака. Для обеспечения подачи расчетного количества реагентов целесообразно выполнять заполнение бака 5 раствором гидразина и аммиака только для проведения одной консервации. Подачу консервирующего раствора в баки 1 и 5, как правило, осуществляют в дневное время под наблюдением инженера-химика дневной лаборатории и с учетом продолжительности простоя котла выбирают необходимое количество реагентов. Подачу консервирующих растворов в шайбовый дозатор и на котел выполняет вахтенный дежурный персонал. В баке 1 на случай непредвиденной дополнительной дозировки желательно иметь избыток раствора аммиака. Для перемешивания гидразина с аммиаком в бак 5 подводят сжатый воздух или пар. На период перемешивания раствора воздухом (от 30 до 60 с) воздушник должен быть открыт, при перемешивании паром - закрыт.

Консервацию котла высокого давления раствором гидразина и аммиака выполняют в следующем порядке. За 10-12 ч до начала проведения консервации прекращают фосфатирование. Непосредственно перед отключением котла от паро-сборного коллектора желательно произвести удаление шлама через нижние коллекторы экранных поверхностей нагрева. Самотеком или насосами-дозаторами 21, 22 заполняют шайбовый дозатор 18 расчетным количеством концентрированного раствора гидразина и аммиака из бака 5 по линии 20. За 10-15 мин до отключения котла от общего паросборного коллектора прекращают непрерывную продувку. После отключения котла от паросборного коллектора включают линию рециркуляции котловой воды из барабана котла на вход экономайзера и подают концентрированный консервирующий раствор реагентов из шайбового дозатора 18 на вход экономайзера в барабан котла 9. За 5-10 мин до окончания ввода реагентов в котел согласно режимной карте останова открывают продувку пароперегревателя. Продувку ведут не более 10-15 мин с минимальными расходами. Это обеспечивает сохранение высокой температуры, необходимой для обеспечения высокой эффективности консервации.

Для перемешивания консервирующего раствора необходимо на 10-15 мин одновременно с началом продувки пароперегревателя включить одну - две мазутные форсунки.

Консервация котла происходит при его постепенном остывании, и поэтому продолжительность процесса пассивации определяется параметрами котла. Окончанием пассивации следует считать момент, когда температура котловой воды снижается до 200-230 °С. Процессу пассивации сопутствует частичная отмывка поверхностей нагрева котла от рыхлых отложений, переходящих в шлам, который необходимо удалить с продувкой. В период консервации непрерывная продувка закрыта, первую периодическую продувку через нижние коллекторы проводят через 3-4 ч, начиная с панелей соленых отсеков. При консервации котлов с номинальным давлением 15,5 МПа продувку обычно проводят при 7,5; 4,5 и 1,0 МПа. При консервации котлов с номинальным давлением 11,0 МПа удаление шлама через нижние коллекторы экранов проводят при давлении в барабане котла 6,0; 4,5 и 1,0 МПа. Продолжительность продувки каждой панели при давлениях 7,5; 6,0 и 4,5 МПа составляет 10-15 с, а при давлении 1,0 МПа - 30-60 с.

В схеме предусмотрена возможность дозирования концентрированного консервирующего раствора гидразина с аммиаком из бака 5 или аммиака из бака 1 насосами-дозаторами 21 или 22 по линии 16 на вход экономайзера, по линии 20 в шайбовый дозатор и по линии 6 в линию фосфатирования и барабан котла. При проведении продувок котла в питательную воду перед экономайзером дозируют концентрированный раствор аммиака из расчета получения рН не менее 10,5, что позволяет исключить нарушения пассивной пленки на поверхностях нагрева экономайзера. При давлении в барабане котла на уровне 1,0-1,2 МПа осуществляют продувку пароперегревателя в течение 1-1,5 мин. В это время в питательную воду и барабан котла также дозируют концентрированный раствор аммиака для создания рН питательной воды не менее 10,5. Поверхности нагрева пароперегревателя заполняют паром с высоким содержанием аммиака, что обеспечивает создание пассивной пленки и на этих поверхностях и защищает пароперегреватель от коррозии при конденсации пара после полного остывания котла. По окончании консервации и на период всего простоя воздушники пароперегревателя открывать не следует с целью сохранения в них аммиачного раствора. Наиболее эффективная отмывка поверхностей нагрева пароперегревателя и создание на них защитной пленки происходит в период проведения первой его продувки. В это время, так же, как и при последующих продувках пароперегревателя, в питательную воду перед экономайзером подают концентрированный гидразинно-аммиачный раствор из расчета получения в питательной воде 30-50 мг/дм³ гидразина и рН не менее 10,5.

При завершении консервации содержание железа и меди в консервирующем растворе существенно возрастает. Так, при подпитке котла химически

обессоленной водой содержание железа в чистом отсеке может увеличиваться в 8-15 раз, достигая $0,5 \text{ мг/дм}^3$, а в соленом отсеке - в 11-40 раз, достигая $2,5 \text{ мг/дм}^3$, в отдельных случаях $3,5-4,5 \text{ мг/дм}^3$. Точно так же содержание меди в чистом отсеке может достигать 250-450, а в соленом отсеке - 350-500 мкг/дм^3 . При большой загрязненности поверхностей нагрева может возрасти и жесткость, поэтому по окончании расхолаживания котла консервирующий раствор необходимо дренировать. Однако при наличии в консервирующем растворе непрореагировавшего гидразина или pH не менее 11 его можно оставить и в котле.

При правильно выбранной исходной концентрации гидразина в консервирующем растворе остаточная концентрация его при сбросе не превышает $3-5 \text{ мг/дм}^3$. Поскольку в растворе содержится достаточное количество окислов меди, при дренировании на воздухе гидразин быстро разлагается, и при сбросе следует лишь нейтрализовать аммиак и удалить или разбавить окислы тяжелых металлов. Во избежание нарушения защитной пленки после слива консервирующего раствора не рекомендуется промывать внутренние поверхности нагрева котла, а также заполнять его водой с величиной pH ниже 10,5. В случае необходимости выполнения опрессовки в питательную воду при заполнении также целесообразно дозировать концентрированный раствор аммиака для повышения pH до 10 и более.

Металл и защитная пленка имеют различные температурные линейные расширения. Известно, что в связи с этим при останове котельного оборудования защитная пленка частично нарушается с образованием на ней трещин и сколов. С увеличением толщины защитной пленки разрушение ее при расхолаживании повышается.

Химический контроль при проведении консервации осуществляют в соответствии с рекомендациями.

Контроль за качеством консервации следует осуществлять по образцам из поверхностей нагрева котла, вырезаемым непосредственно после ее проведения и по окончании ремонта, а также визуальным осмотром барабана котла. Законсервированная поверхность металла должна иметь темную, характерную для гидразина, пассивную пленку. Для контроля качества этой пленки в период проведения исследовательских и наладочных работ часть образцов из консервированных поверхностей нагрева была помещена в обессоленный конденсат в открытой емкости; пассивная пленка на образцах не нарушалась в течение 5 мес.

Опыт промышленного использования технологии высокотемпературной консервации поверхностей нагрева котлов показали, что при использовании гидразинно-аммиачного консервирующего раствора с концентрацией $30-200 \text{ мг/дм}^3$ гидразина и pH более 10 при температуре начала консервации $300-340 \text{ }^\circ\text{C}$ образуется устойчивая защитная пленка магнетита, которая сохраняется в течение не менее 3-4 мес. без каких-либо следов вторичного ржавления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация технологического оборудования. - Павлодар, 2011. - С.726.
2. Акользин П.А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. – М.: Энергоиздат, 1982. – С.302.

Түйіндеме

Бапта тоқтауын тәртіптегі гидразинның мүсәтір ерітіндісін барабан қазандарының консервациясы туралы сұрақтар қаралады.

Resume

The article discusses the conservation of drum boilers with ammonia solution of hydrazine in the mode of stopping.

УДК 621.182

ЗАВИСИМОСТЬ pH ВОДЫ ТЕПЛОСЕТИ ОТ СОСТАВА И ОБЪЕМА ДОЗИРУЕМОЙ В НЕЁ ПРОДУВОВОЙ ВОДЫ КОТЛОВ СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ

А.И. Глазырин, В.В. Кузнецов

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

В Республике Казахстан действуют 42 системы центрального теплоснабжения, в которых задействованы 38 ТЭЦ и 28 крупных районных котельных. Более 50% теплотрасс Казахстана имеют возраст более 20 лет. Протяженность казахстанских магистральных и распределительных тепловых сетей превышает 7000 километров, а внутриквартальных тепловых и сетей от мелких котельных, по оценкам экспертов, достигает 15 тысяч километров.

Существующие системы теплоснабжения Казахстана характеризуются высокой повреждаемостью оборудования, одной из основных причин которых является неудовлетворительное качество подготовки добавочной воды и ведения водно-химического режима.

Ряд систем теплоснабжения работают с низким pH воды, что повышает коррозию металла и для снижения коррозии требуется повышать pH вводом дополнительных реагентов.

Так на Екибастузской ТЭЦ, где эксплуатируются котлы среднего давления, принята схема обработки подпиточной воды котлов включающая только стадию двухступенчатого натрий катионирования, при которой в

воде остаются все присутствующие в исходной воде анионы, в том числе SO_4^{2-} , Cl^- (таблица 1).

На ЕТЭЦ в качестве исходной используется вода с рН равной 7,1-7,97.

Таблица 1
Анализ сетевой, подпиточной и продувочной воды ЕТЭЦ в период эксплуатации 1998-2001 гг.

Показатель	Единицы измерения	Величина в продувочной воде	Величина в прямой сетевой вод	Величина в подпиточной воде
рН		11,6-12,2	7,1-7,9	7,1-7,9
Cl	мг/дм ³	110-170	11-13 (ср. 12)	11-13 (ср. 12)
SO_4^{2-}	мг/дм ³	240-350 270 (ср)	22-32 (ср 27)	25-32 (ср 27)
Fe	мг/дм ³	0,67-0,92	0,45-0,800	0,37-0,6
Cu	мг/дм ³	0,08	0,008-0,05	0,008-0,05
солесодержание	мг/дм ³	960-3000 (ср 2100)	160-210 (ср 190)	160-220 (ср 190)
$\text{Ж}_{\text{общ}}$	мг-экв/дм ³	0,4	0,4-1,1	0,4-0,9
Ж_{Ca}	мг-экв/дм ³		0,16-0,73	0,16-0,25
SiO_2	мг/дм ³	66-96 (ср. 72)	3,4-4,2 (ср 3,7)	3,4-4,3 (ср 3,7)
$\text{Щ}_{\text{ф/ф}}$	мг-экв/дм ³	15,8-35,0	0	0
$\text{Щ}_{\text{общ}}$	мг-экв/дм ³	16,4-35,5	1,3-1,8	1,3-1,6
PO_4^{3-}	мг/дм ³	20-30 (ср. 25)	0,3-1,0 (ср 0,7)	0,3-1,0 (ср 0,7)
Индекс карбонатный	(мг-кв/дм ³) ²	-	0,195-1,31	0,195-0,25

Были проведены исследования по изменению рН воды теплосети при вводе в нее продувочной с различным значением рН.

Величина рН воды теплосети, источником которой является ТЭЦ или котельная, не имеющая стадию корректировки подпиточной воды по величине рН, в процессе эксплуатации практически всегда ниже нормируемой.

Были выполнены исследования изменения рН воды тепловых сетей в зависимости от объема и состава дозируемой в нее продувочной (таблиц 2 и рисунок 1).

Таблица 2

Изменение величины рН смеси при добавлении в воду теплосети (рН=7,9) части продувочной воды паровых котлов (рН=12,2)

% ввода продув воды	РН смеси	% ввода продув воды	РН смеси	% ввода продув воды	РН смеси
0.0	7.9	1.0	9.16	2.0	9.55
0.1	8.4	1.1	9.2	2.1	9.57
0.2	8.5	1.2	9.26	2.2	9.59
0.3	8.6	1.3	9.3	2.3	9.64
0.4	8.66	1.4	9.35	2.4	9.67
0.5	8.77	1.5	9.38	2.5	9.68
0.6	8.88	1.6	9.43	2.6	9.71
0.7	8.95	1.7	9.45		
0.8	9.03	1.8	9.47		
0.9	9.11	1.9	9.5		

Подача в воду тепловых сетей даже 0,1-0,2% щелочной продувочной воды повышает величину ее рН более 8,3, при этом связывается свободная углекислота. Учитывая, что водяной объем тепловых сетей г. Екибастуза около 65000 м³, величина добавка (0,1%) в общее количество воды циркулирующей в теплосети составит 65 т. В зимний период 65 т можно ввести через 30, а в летний через 40 часов.

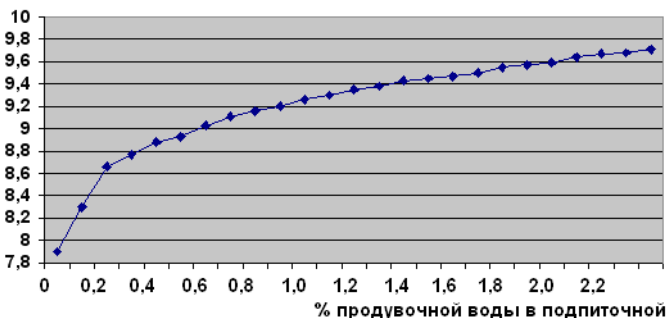


Рисунок 1 - Зависимость изменения рН подпиточной воды от количества поданной в нее продувочной воды при рН=12,2 и рН =7,9 в исходной

Средняя величина продувки всех котлов в зимний период составляет 2,18 м³/ч, а в летний 1,65 м³/ч. В дальнейшем для поддержания величины рН требуется дозировать продувочную воду только для корректировки рН подпиточной, а это от 100 до 300 м³/ч при этом величина подачи продувочной воды составит от 0,15 до 0,45 м³/ч. В соответствие с результатами лабораторных исследований, ввод

в сетевую воду 0,485% продувочной, повышает величину рН с 7,9 до 8,7, а ввод 0,63 % до 8,9. Для повышения рН на уровень 9,5 требуется вводить в подпиточную воду около 1,5% продувочной.

По данным ВТИ РФ повышение рН воды теплосети с 8,3 до 9,5-10,0 позволяет снизить скорость коррозии внутренних поверхностей оборудования тепловых сетей, что снижает аварийность по этой причине примерно в три раза.

С повышением рН воды тепловых сетей появляется возможность повысить карбонатный индекс воды за счет повышения жесткости воды при температурных нагрузках до 120 0С. С повышением жесткости воды на внутренних поверхностях нагрева создается дополнительная защитная пленка.

Вывод: результаты исследований зависимости состава воды тепловых сетей от состава и величины поданной в нее продувочной воды паровых котлов среднего давления показывают эффективность и экономичность ее использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Астана, 2009.
2. Методические указания по водоподготовке и водно-химическому режиму водогрейного оборудования и тепловых сетей (РД 34.37. 506-88). — М.: Союзтехэнерго, 1989.
3. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. - Павлодар: ЭКО, 2011. - с 726.
4. Методические указания по коррекционной обработке питательной воды паровых котлов, подпиточной воды систем теплоснабжения водогрейных котлов комплексонатами ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn. МУ 1-321-03. - Ростов-на-Дону, 2003. - с. 31.

Түйіндеме

Мақалада жылуқұбырдағы су құрамын ортақысымды бу шойындардан шыққан үрлемелі судың өлшемі мен қасиеттіне байланысты көрсетілген, оның қолданылуының тиімділігі белгіленген.

Resume

The article shows the dependence of content of the water in heating systems on the magnitude and characteristics of blowdown water supplied in its medium pressure boilers, demonstrates the efficacy of its use.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИТОРОВ ОТЛОЖЕНИЯ СОЛЕЙ

А.И. Глазырин, В.В. Кузнецов

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

В процессе эксплуатации систем теплоснабжения и горячего водоснабжения, водогрейных котлов низкого давления при нагреве воды может достигаться пересыщение воды солями, в первую очередь карбонатом кальция, что приводит к образованию накипи на теплообменных поверхностях.

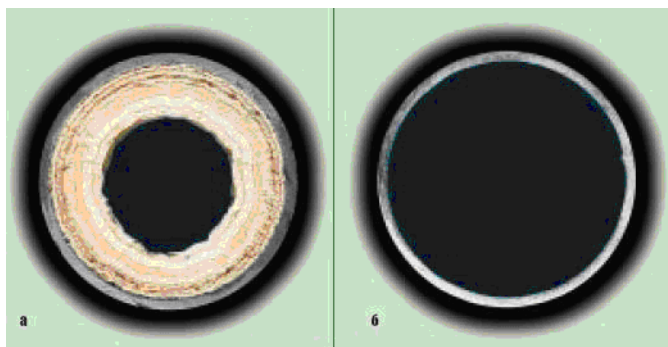
При высокой коррозионной агрессивности воды накопление соединений железа в воде определяет образование на теплообменных поверхностях железоокисных отложений. Наличие накипи и отложений приводит к ухудшению теплообмена, уменьшению эффективности работы оборудования, в ряде случаев к перегосу труб котлов, к экономическим потерям.

Отложения солей, кристаллизующихся в теплоносителе (воде) и образующих накипи на теплопередающих поверхностях (теплообменники, котлы) являются одной из главных причин снижения экономичности и эффективности работы оборудования, а зачастую и повышения его аварийности. Образование накипи на теплопередающих поверхностях приводит к значительному уменьшению теплопередачи. По статистике слой накипи в 1 мм снижает теплопередачу на 10%. Это ведет к эквивалентному перерасходу потребляемого энергоносителя.

Соли жесткости имеют малую растворимость в воде, поэтому незначительное повышение концентрации этих солей над предельной по растворимости приводит к их кристаллизации. Причиной кристаллизации могут служить наличие нерастворимых соединений в воде, перемешивание, повышение температуры.

При нагреве воды в процессе работы системы теплоснабжения происходит термический распад присутствующих в ней гидрокарбонат-ионов с образованием карбонат-ионов. Карбонат-ионы, взаимодействуя с присутствующими в избытке ионами кальция, образуют зародыши кристаллов карбоната кальция. На поверхности зародышей осаждаются все новые карбонат-ионы и ионы кальция, вследствие чего образуются кристаллы карбоната кальция, в котором часто присутствует карбонат магния в виде твердого раствора замещения. Осаждаясь на стенках теплотехнического оборудования, эти кристаллы срастаются, образуя накипь (рисунок 2.1).

Ввод ингибиторов отложений солей в воду влияет на индукционный период процесса кристаллизации, т.е. период образования зародышей кристаллической формы.



а - по истечении двух лет работы на воде жесткостью 8 до 12 мг-экв/дм³;
б - через шесть месяцев после обработки воды ингибитором ИОМС-1.

Рисунок 2.1 - Разрез внутриквартального 89 мм трубопровода горячего водоснабжения

Механизм ингибирования кристаллизации солей в присутствии комплексонов мало изучен. Однако считается, что образование кристаллического вещества из раствора происходит в несколько стадий:

1 стадия – возникновение зародышей. Под зародышами понимают минимальное количество новой фазы, способное к самостоятельному существованию;

2 стадия – рост зародышей до критического размера, после чего зародыш становится устойчивым. На этой стадии зародыши могут самопроизвольно растворяться;

3 стадия – дальнейший рост зародышей или собственно кристаллизация. Причем, если величина кристаллов не превышает 10-8 м, то образуется, как правило, коллоидная система, то есть мы имеем дело с пересыщенным, но достаточно стабильным раствором. Если кристаллы растут далее, то возможно образование осадка или шлама в растворе.

Основным компонентом, обеспечивающим противонакипную активность всех рассматриваемых ингибиторов, являются органофосфонаты – соли органических фосфоновых кислот. При введении органофосфонатов в воду, содержащую ионы кальция, магния и других металлов они образуют весьма прочные химические соединения – комплексы. Во многие современные

ингибиторы органофосфонаты входят уже в виде комплексов с переходными металлами, главным образом с цинком. Комплексы органофосфонатов адсорбируются (осаждаются) на поверхности зародышей кристаллов карбоната кальция, препятствуя дальнейшей кристаллизации карбоната кальция. Поэтому при введении в воду 1-10 г/м³ органофосфонатов накипь не образуется даже при нагревании очень жесткой воды.

Комплексы органофосфонатов способны адсорбироваться не только на поверхности зародышей кристаллов, но и на металлических поверхностях. Образующаяся тонкая пленка затрудняет доступ кислорода к поверхности металла, вследствие чего скорость коррозии металла снижается. Однако наиболее эффективную защиту металла от коррозии обеспечивают ингибиторы на основе комплексов органических фосфоновых кислот с цинком и некоторыми другими металлами, которые были разработаны и внедрены в практику профессором Ю.И. Кузнецовым. В приповерхностном слое металла эти соединения способны распадаться с образованием нерастворимых соединений гидроксида цинка, а также комплексов сложной структуры, в которых участвует много атомов цинка и железа. В результате этого образуется тонкая, плотная, прочно сцепленная с металлом пленка, защищающая металл от коррозии. Степень защиты металла от коррозии при использовании таких ингибиторов может достигать 98%.

Современные препараты на основе органофосфонатов не только ингибируют солянокислотные и коррозионные процессы, но и постепенно разрушают застарелые отложения накипи и продуктов коррозии. Это объясняется образованием в порах накипи поверхностных адсорбционных слоев органофосфонатов, структура и свойства (например, коэффициент температурного расширения) которых отличаются от структуры кристаллов накипи. Возникающие при эксплуатации системы отопления колебания и градиенты температуры приводят к расклиниванию кристаллических сростков накипи. В результате накипь разрушается, превращаясь в тонкую взвесь, легко удаляемую из системы. Поэтому при введении препаратов, содержащих органофосфонаты, в системы отопления с большим количеством застарелых отложений накипи и продуктов коррозии, необходимо регулярно спускать отстой из фильтров и грязевиков, установленных в нижних точках системы. Спуск отстоя следует производить, в зависимости от количества отложений, 1-2 раза в сутки, из расчета подпитки системы чистой, обработанной ингибитором, водой в количестве 0,25-1% водного объема системы в час. Необходимо отметить, что при повышении концентрации ингибитора свыше 10-20 г/м³ накипь разрушается с образованием весьма грубых взвесей, способных забить узкие места системы отопления. Поэтому передозировка ингибитора в этом случае грозит засорением системы.

Изучение процессов кристаллизации показывает, что ввод ингибитора, например НТФ, не влияет на скорость роста центра кристаллизации, но влияет на образование новых центров кристаллизации. Установлено, что

введение ОЭДФ ингибирует кристаллизацию CaCO_3 , изменяя форму кристалла до округлой. Возможен процесс адсорбции, приводящий к снижению поверхностного натяжения на границе зародыш-раствор.

Применение только ингибиторов отложений солей часто приводит к коррозии оборудования, величина которой зависит от дозы ингибитора и температуры среды, от состава воды и величины рН. На практике желателен использовать композиции, обладающие комплексным действием (дополнительно вводятся триполифосфат, динатрийфосфат, т.е. соли фосфорной кислоты).

Стабилизирующее действие ингибиторов солеотложений зависит от химического состава воды, концентрации ингибитора, условий работы системы и колеблется от нескольких минут до нескольких суток. Концентрацию ингибитора следует выбирать минимально необходимой, с тем, чтобы при поступлении воды в отстойник системы обеспечения более полный вывод карбоната кальция в шлам. В отстойнике заканчивается стабилизирующее действие ингибитора. В качестве отстойника может быть принята емкость, где скорость воды значительно снижается. Лучшим вариантом следует считать использование в качестве отстойника емкости загруженной золой от сжигания угля, на которой сорбируется карбонат кальция и ингибитор солеотложений. Через отстойник может пропускаться только часть циркулирующей воды (около 10-15 %) в постоянном режиме или же подается часть воды периодически через фильтр. Вода очищенная в фильтре может и должна подаваться обратно в систему циркуляции. При таком режиме работы расход ингибитора отложения солей повышается на величину, требуемую для очищаемой воды на фильтре.

При обработке воды ингибиторами солеотложений поверхности нагрева очищаются от отложений солей, поэтому следует следить за скоростью коррозии металла, особенно в теплообменном оборудовании, где локально имеем повышение температуры металла труб.

Скорость равномерной коррозии металла 0,1 мм/год считается допустимой для оборотной системы охлаждения. Для систем теплоснабжения скорость коррозии оборудования, в котором отсутствуют отложения должна проверяться и оговариваться отдельно.

Следует обратить внимание на то, что использование различных ингибиторов солеотложений рекомендуется при жесткости воды от 7 до 7,5 мг-экв/кг. Такого качества воды для подпитки тепловых сетей в энергетике нет. Качество воды нормируется карбонатным индексом (произведение кальциевой жесткости на общую щелочность подпиточной или сетевой воды). В любом случае жесткость воды не может превышать 2-2,5 мг-экв/кг, следовательно, доза ингибитора солеотложений будет на уровне от 1 до 2 мг/кг, при которой процессы коррозии минимальны. Однако в зоне нагрева воды теплосети, на трубах бойлеров и особенно водогрейных котлов, температура

воды может повышаться до 170 и 190°C. При таких температурах идет достаточно интенсивно гидролиз ингибиторов соляотложений и образование при этом фосфоновых кислот, что повлечет местную коррозию металла труб.

Выводы: Опыт использования ОЭДФ-Zn и ИОМС показывает, что эти реагенты предотвращают не только кальциево-карбонатное накипеобразование, но и частично железо-оксидное. Несмотря на то, что при одной и той же концентрации основного вещества ИОМС менее эффективен, чем ОЭДФ-Zn оба эти ингибитора могут быть рекомендованы к применению в системах теплоснабжения Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. – Астана, 2009.
2. Методические указания по водоподготовке и водно-химическому режиму водогрейного оборудования и тепловых сетей (РД 34.37. 506-88). — М.: Союзтехэнерго, 1989.
3. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. - Павлодар: ЭКО, 2011. - с 726.
4. Методические указания по коррекционной обработке питательной воды паровых котлов, подпиточной воды систем теплоснабжения водогрейных котлов комплексонатами ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn. МУ 1-321-03. - Ростов-на-Дону, 2003. - с. 31.

Түйіндеме

Берілген мақалада ингибитор тұздарының болыу әдістерінің механизмінің технологиялық ерекшеліктерін, тұздардың қасиеті мен құрлымын, әртүрлі металдарда тұздардың әсер етуі және олардың бұзылуына байланысты тотпен күресу түрлі әдістерді пайдалану.

Resume

This article describes the technological features of the mechanisms of action of salt deposition inhibitors, the properties of salts and salt formation, the effect of salts on different types of metals and the stages of their destruction, different methods to fight corrosion.

СОСТОЯНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ТЭС В СИСТЕМЕ ВОДОПОДГОТОВКИ

А.И. Глазырин, С.А. Глазырин, К.С. Смаилов

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Промышленная очистка сточных вод занимает все более важное место во всех производственных процессах. С одной стороны, качественная очистка промышленных сточных вод требуется для соблюдения экологического законодательства. С другой стороны, сточные воды после очистки могут быть использованы повторно. Существующее оборудование по очистке сточных вод может быть основано на различных методах. Одними из наиболее распространенных являются механические промышленные установки очистки воды. Они работают по принципу процеживания, фильтрования, отстаивания стоков. Такой метод очистки остается самым доступным по цене.

Для выделения из сточных вод растворимых неорганических примесей используется очистка, основанная на химическом методе. Процессы коагуляции, окисления, сорбции, ультрафильтрации – это промышленные установки очистки воды, применяющие физико-химические методы очистки.

Эксплуатация тепловых электрических станций связана с использованием большого количества воды. Основная часть воды (более 90%) расходуется в системах охлаждения различных аппаратов: конденсаторов турбин, масло- и воздухоохладителей, движущихся механизмов и др.

Сточной водой является любой поток воды, выводимый из цикла электростанции.

К сточным, или сбросным, водам кроме вод систем охлаждения относятся: сбросные воды систем гидрозолаулавливания (ГЗУ), отработавшие растворы после химических промывок теплосилового оборудования или его консервации: регенерационные и шламовые воды от водоочистительных (водоподготовительных) установок; нефтезагрязненные стоки, растворы и суспензии, возникающие при обмывах наружных поверхностей нагрева, главным образом воздухоподогревателей и водяных экономайзеров котлов, сжигающих сернистый мазут.

Составы перечисленных стоков различны и определяются типом ТЭС и основного оборудования, ее мощностью, видом топлива, составом исходной воды, способом водоподготовки в основном производстве и, конечно, уровнем эксплуатации.

Воды после охлаждения конденсаторов турбин и воздухоохладителей несут, как правило, только так называемое тепловое загрязнение, так как их

температура на 8...10 °С превышает температуру воды в водоисточнике. В некоторых случаях охлаждающие воды могут вносить в природные водоемы и посторонние вещества. Это обусловлено тем, что в систему охлаждения включены также и маслоохладители, нарушение плотности которых может приводить к проникновению нефтепродуктов (масел) в охлаждающую воду. На мазутных ТЭС образуются сточные воды, содержащие мазут.

Масла могут попадать в сточные воды также из главного корпуса, гаражей, открытых распределительных устройств, маслохозяйств.

Стоки после химической промывки или консервации теплосилового оборудования весьма разнообразны по своему составу вследствие обилия промывочных растворов. Для промывок применяются соляная, серная, плавиковая, сульфаминовая минеральные кислоты, а также органические кислоты: лимонная, ортофталевая, адипиновая, щавелевая, муравьиная, уксусная и др. Наряду с ними используются трилон Б, различные ингибиторы коррозии, поверхностно-активные вещества, тиомочевина, гидразин, нитриты, аммиак.

В результате химических реакций в процессе промывок или консервации оборудования могут сбрасываться различные органические и неорганические кислоты, щелочи, нитраты, соли аммония, железа, меди, трилон Б, ингибиторы, гидразин, фтор, уротропин, каптакс и т. д. Также разнообразие химических веществ требует индивидуального решения нейтрализации и захоронения токсичных отходов химических промывок.

Воды от обмывки наружных поверхностей нагрева образуются только на ТЭС, использующих в качестве основного топлива сернистый мазут. Следует иметь в виду, что обезвреживание этих обмывочных растворов сопровождается получением шламов, содержащих ценные вещества - соединения ванадия и никеля.

С предочистки (механические фильтры и осветлители) сбрасываются нетоксичные осадки - карбонат кальция, гидроксид железа и алюминия, кремниевая кислота, органические вещества, глинистые частицы.

Кроме того, промышленная очистка сточных вод может сочетать в себе одновременно несколько перечисленных методов.

Распространена также водоочистка на основе ионного обмена, удаляющая соли жесткости, нитраты, гидрокарбонаты.

Среди систем очистки воды активно применяется обратнoосмотический метод и ультрафильтрация. Современная подготовка технологической воды использует также ультрафиолетовое обеззараживание.

Метод ультрафильтрации заключается в прохождении воды через мембрану, которая пропускает лишь небольшие молекулы и остается непроницаемой для больших молекул различных бактерий и вирусов. Основная часть системы ультрафильтрации – мембрана – состоит из трубчатого композита.

Как правило, системы ультрафильтрации используются для очень глубокой фильтрации воды, после которых можно применить обратноосмотические установки. Преимуществом ультрафильтрации является возможность сохранения солевого состава и получения воды с естественным вкусом.

Электролиз воды - процесс анодного растворения железа или алюминия. Электрокоагуляция применяется как для очистки сточных вод, так и для обработки добавочной воды.

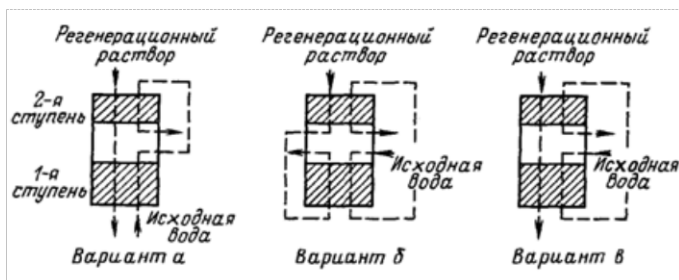
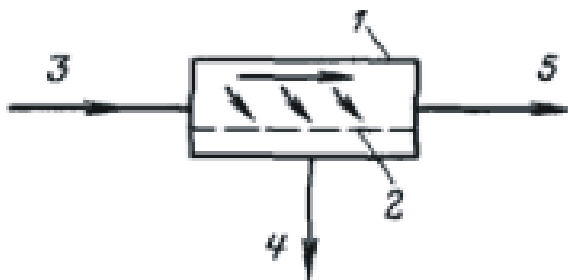


Рисунок 1 – Варианты ступенчато-противоточного ионирования

В процессе электрокоагуляции значительно снижается содержание кремния, железа, кислорода, а также окисляемость воды.

Обратным осмосом называется процесс разделения истинных растворов через специальные полупроницаемые мембраны. Вода, содержащая растворенные соли, подается на мембрану под давлением. Мембрана пропускает только воду и небольшую часть солей в виде ионов. Вода над мембраной обогащается солями и в виде концентрата выводится из установки.



1 – аппарат; 2 – мембрана; 3 – вход воды; 4 – фильтрат; 5 - концентрат

Рисунок 2 – Схема процесса обратного осмоса для очистки воды

Качество очистки воды зависит от свойств применяемых мембран, очищаемой воды, а также полезного давления, представляющего разность между рабочим и осмотическим давлениями. Рабочее давление для обратноосмотических процессов обычно 5—8 МПа.

Изготавливают мембраны из ацетилцеллюлозы, пористого стекла.

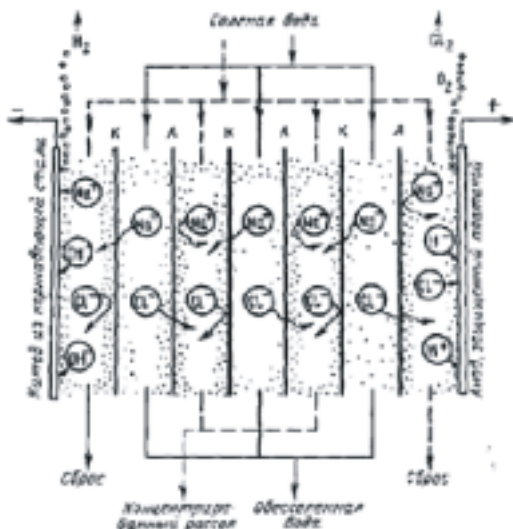


Рисунок 3 – Принципиальная схема многокамерного электродиализатора

Электродиализ – обессоливание воды. В процессе электродиализа вода проходит между рядами параллельных катионо- и анионообменных мембран, собранных в пакет.

Очищаемая вода подводится к четным (обессоливающим) камерам. В результате миграции в электрическом поле катионы, двигаясь к катоду, свободно проникают через катионообменные мембраны, в то же время для анионов эти мембраны являются непроницаемыми. Аналогично происходит и процесс анионов через анионообменные мембраны при их движении к аноду. В результате миграции ионов вода в четных камерах обессоливается, а концентрация солей в нечетных (рассольных) камерах возрастает. Очищенная вода (диэлюат) и рассол отводятся из установки раздельно.

Электродиализ не позволяет получить глубоко обессоленную воду, поэтому диэлюат необходимо дочищать на ионообменных фильтрах. Применение электролизных аппаратов в комбинации с химическими методами водоподготовки позволяет значительно снизить количество реагентов, а следовательно и сброс солей со сточными водами.

Система рационального водопользования электростанции должна обеспечивать очистку как поступающей на станцию воды, так и собственных водных стоков в соответствии с предписаниями норм. Наиболее общие пути рационализации водоиспользования состоят в сокращении объема безвозвратных потерь на собственные нужды, повторном использовании стоков в цикле ТЭС, в выборе экологически благоприятного водного режима. Значительное сокращение количества химических промывок оборудования достигнуто, в частности, благодаря внедрению на электроблоках сверхкритического давления кислородного водного режима и водокислородных очисток оборудования.

Программа природоохранных мероприятий отрасли, направленная на ограничение загрязнения водного бассейна, включает в себя:

- Перевод систем гидрозолоудаления на оборотные, для чего предусматривается реконструкция систем водопользования с исключением сброса в систему гидрозолоудаления ливневых вод, продувочных вод градирен, минерализованных сточных вод водоподготовок;
- Рационализация схем сбора обмывочных вод от регенеративных воздухоподогревателей и поверхностей нагрева котлов с извлечением из них соединений ванадия и никеля;
- Использование рациональных технологических схем канализации сточных вод от химической очистки оборудования;
- Широкое внедрение типовых очистных сооружений для очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами.

Обратноосмотические системы – одно из наиболее перспективных направлений в области установок водоочистки и водоподготовки. Обратноосмотическая установка на основе принципа обратного осмоса была разработана еще в середине XX века. Обратный осмос по качеству полученной воды сравнивают с ионным обменом, электродиализом, дистилляцией. Однако, имея ряд преимуществ, обратноосмотические установки успешно соперничают с выше перечисленными методами очистки в таких отраслях, как: теплоэнергетика, пищевая, химическая, фармацевтическая промышленность, питьевое водоснабжение, электроника и др.

Сегодня по принципу обратного осмоса в мире ведется подготовка питьевой воды в размере сотни тысяч тонн в сутки. Работа установки обратного осмоса основана на фильтровании через пористую обратноосмотическую мембрану, которая способна пропускать лишь молекулы воды. Система обратного осмоса гарантирует отменное качество воды на выходе. Практика использования показала, что как бытовые, так и промышленные установки обратного осмоса задерживают в обратноосмотической системе молекулы свободного хлора, механические частицы, токсичные органические вещества. Такое оборудование позволяет удалить также

тяжелые металлы и одноклеточные микроорганизмы. В результате, обратноосмотические установки (обратный осмос в основе) значительно улучшают и органолептические показатели – вкус, цвет, запах воды.

В процессе обратного осмоса вода и растворенные в ней вещества разделяются на молекулярном уровне, при этом с одной стороны мембраны накапливается практически идеально чистая вода, а все загрязнения остаются по другую ее сторону. Таким образом, обратный осмос обеспечивает гораздо более высокую степень очистки, чем большинство традиционных методов фильтрации, основанных на фильтрации механических частиц и адсорбции ряда веществ с помощью активированного угля.

Неорганические вещества очень хорошо отделяются обратноосмотической мембраной. В зависимости от типа применяемой мембраны (ацетатцеллюлозная или тонкопленочная композитная) степень очистки составляет по большому числу неорганических элементов 85%-98%.

Оцениваются промышленные системы обратного осмоса по такому показателю, как селективность мембраны – то есть ее способность удерживать ионы и молекулы разного размера. Они также подбираются по удельной производительности единицы поверхности. Сегодня разработаны установки обратного осмоса с широким диапазоном размеров пор обратноосмотической мембраны и высокой механической прочностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брылов С.А., Грабчак Л.Г., Комащенко О.П. и др. Охрана окружающей среды. - М.: Высшая школа, 1986. – С.272.
2. Иванов Б.А. Инженерная экология. - Л.: ЛГИ, 1989. – С.66.
3. Инструкция по проектированию мероприятий для защиты атмосферы от выбросов рудников и ГОКов Минчермета СССР.: (вторая редакция). - Л.: Гипроруда, 1986. – С.424.
4. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология.: Справочное пособие/Под общ. ред. И.И. Мазура. - М.: «Высшая школа», 1996. – С.665.
5. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии: Учебник для студ. вузов./ Под ред. И.И. Мазура. - М.: «Высшая школа», - 1999. – С.447.
6. Шешко О.Е. Некоторые вопросы охраны окружающей среды в СНГ и зарубежных странах/ Экологические проблемы горного производства (тезисы докладов конференции). М.: Изд-во МГУ, 1993. – С.332.

Түйіндеме

Су дайындауды жүйеде ЖЭС сарқынды суларын тазартуға және қайтадан қолдану перспектива бойынша өзі таралған және жұмыс істейтін әдістер көрсетілген.

Resume

The most widespread and operating methods on prospect of clearing and reuse of sewage in the system of water preparation are shown in the article.

УДК 620.193.47

ХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ

**В.П. Зленко, А.С. Утельбаев,
Б.М. Байтемиров, А.И. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Химическая коррозия протекает при химической реакции непосредственно между металлом и коррозионной средой. В теплоэнергетике это наблюдается в аварийном режиме эксплуатации оборудования.

В период эксплуатации парового котла постоянно происходит химическая коррозия металла. При протекании химической коррозии образующийся водород удаляется с паром.

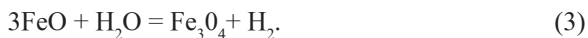
При химическом механизме коррозии переход ионов металла в раствор и восстановления окислителя в сопряженной реакции происходят в одном акте на одном и том же участке поверхности.

При окислении железа кислородом получают три оксида: FeO - вюстит, Fe₃O₄ - магнетит и Fe₂O₃ в двух видах - гематит и магемит. Вюстит стабилен при температуре выше 570 °С, а при температуре ниже 570 °С он разлагается.

При химической коррозии в пароперегревателях котлов образуется защитная оксидная пленка. При температуре ниже 570°С протекает реакция Шодрона (1) с образованием на поверхности металла защитной пленки магнетита:



При температуре выше 570°С протекает реакция (2) образованием оксидной пленки из вюстита FeO с пониженными защитными свойствами.



На металле при образовании защитной пленки образуются слои гомогенного характера со следующим расположением оксидов:



Металл - вюстит - магнетит - гематит - перегретый пар.

Слой магнетита плотный и имеет толщину (от 400 до 1000) • 10⁻¹⁰ м он обладает хорошими защитными свойствами. При толщине слоя оксидов (от 5000 до 10 000) • 10⁻¹⁰ м) защитная пленка имеет малую механическую прочность и обладает малыми защитными свойствами.

Магнетит (соединение FeO и Fe₂O₃) не является типичной шпинелью, но имеет аналогичную шпинелям плотность, что и обуславливает его высокие защитные свойства.

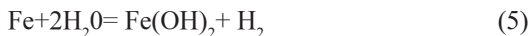
При температуре свыше 200°C в воде и паре образуются оксидные пленки, одинаковые только в химической природе конечных продуктов, но не в их строении. В воде на стали всегда образуются два слоя магнетита, по своей структуре существенно отличающихся друг от друга.

Непосредственно на металле находится тонкий, прочно сцепленный с ним сплошной (топотактический) слой Fe₃O₄, обеспечивающий защиту металла. Над ним находится рыхлый (эпитактический) слой относительно крупнозернистого магнетита, который не в состоянии выполнять функции защитного слоя (рисунок 1). Окисленное железо распределяется примерно поровну на внутреннем и наружном слоях, при этом внутренний слой практически не имеет механических напряжений.

Образующаяся двухслойная пленка магнетита идет по механизму протекания реакции (2) на поверхности металла реакции:



В результате реакции (3) образуется внутренний слой магнетита. Со временем этот слой увеличивается. Ионы железа, полученные по (анодной) реакции, проникают через топотактический слой, реагируют с гидроксильными ионами OH⁻ (из катодной реакции) и образуют Fe(OH)₂.



Согласно реакции Шикорра с образованием эпитактического слоя.



Щелочная коррозия имеет избирательный характер, продвигаясь в глубь металла преимущественно по зернам перлита и образуя сетку межкристаллитных трещин.

Щелочная коррозия развивается обычно на огневой стороне экранных труб барабанных котлов в местах скопления отложений. Уязвимыми в отношении щелочной коррозии являются также сварные швы, на неровностях которых часто скапливаются частицы шлама. Повреждения металла при щелочной коррозии имеют вид язвин или раковин диаметром до нескольких десятков миллиметров.

В прямоточных паровых котлах сверхкритических параметров образование магнетита в зоне испарения происходит по указанному механизму. Из-за высокой скорости пароводяной смеси внешний (эпитактический) слой подвергается разрушению, увеличивая гидравлическое сопротивление тракта парового котла. Для предотвращения этого явления в зоне испарения прямоточных котлов на сверхкритические параметры пара используют трубы из высоколегированной стали.

Трещины *щелочной коррозии*, называемые также каустической хрупкостью, развиваются сначала очень медленно, а затем с течением времени под влиянием концентрации напряжений трещинообразование ускоряется. Такие трещины возникают как на барабанах, так и на трубах.

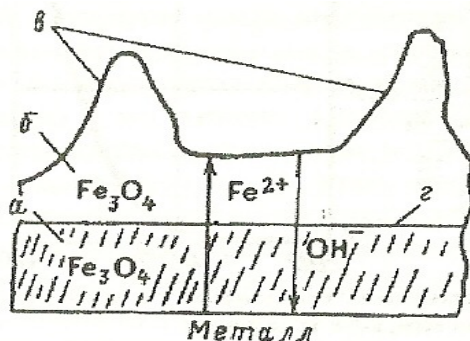


Рисунок 1 - Образование магнетита при высоких температурах

а - внутренний (топотактический) слой Fe_3O_4 ; *б* - внешний (эпитактический слой) Fe_3O_4 ; *в* - зона эрозионного разрушения слоя; *г* - начальная граница металла

Пароводяная коррозия.

К химической коррозии относится и пароводяная коррозия поверхностей нагрева котлов, которая может иметь как равномерный, так и локальный характер. Равномерная коррозия, как правило, связана с образованием сплошной окалины в местах перегрева металла. Она чаще всего протекает на участках, где наблюдается превышение допустимой температуры, на которую рассчитана сталь. Коррозия развивается в том случае, если температура стенки труб со стороны пара превосходит следующие ее значения: для углеродистых

нелегированных сталей - 400, для низколегированных сталей типа 15М — 530 и типа 12Х1МФ - 565, для аустенитной стали типа 18/8 - 650 °С.

Локальная коррозия может развиваться в виде язв, бороздок и трещин. В последнем случае наблюдаете значительное наводороживание металла. Верхний наносный слой окалины, может быть легко удален с поверхности металла острым предметом или смятием трубы; нижний практически не поддается удалению, так как он прочно связан с металлом. Такой вид коррозии часто наблюдается в НРЧ прямоточных котлов на закритические параметры при больших тепловых нагрузках вследствие высоких температур стенки труб, а также на входных участках труб промежуточного пароперегревателя. Развитию коррозии способствуют оксиды железа и другие загрязнения, приносимые водой из питательного тракта котла. При этом трещины образуются с огневой стороны трубы, где наблюдается сильное наводороживание стали. Язвенный вид пароводяной коррозии характеризуется «выеданием» металла на сравнительно небольшой площади огневой части труб, где наблюдаются большие теплосмены. Частые колебания температур металла в пределах 70°С и выше в местах попеременного контакта металла с паром и водой способствуют разрушению защитных пленок. При контакте пара с оголенным металлом создаются условия беспрепятственного протекания реакций между железом и водой. Образующиеся язвины часто бывают закрыты слоем Fe_3O_4 .

При наличии в перегретом паре кислорода например в нейтрально-кислородном водном режиме, с дозированием кислорода в конденсат в перегревательной зоне, возможно образование также гематита Fe_2O_3 за счет доокисления магнетита.

Считают, что коррозия в паре, начиная с температур 570°С, является химической.

При температуре более 700°С в водяном паре образуется FeO . Образование магнетита затруднено из-за восстановления водородом, поэтому скорость взаимодействия железа с водяным паром выше, чем с кислородом.

В настоящее время предельная температура перегрева для всех котлов снижена до 545°С, и, следовательно, в пароперегревателях происходит электрохимическая коррозия. Выходные участки первичных и промежуточных пароперегревателей выполняют из коррозионно-стойкой аустенитной нержавеющей стали.

После образования первичной пленки дальнейшее окисление железа возможно путем диффузии через эту пленку молекул воды, пара или же атомов железа. Опыт показывает, что диффундируют именно атомы железа. В этом двух-стадийном процессе (диффузия атомов железа - окисление его молекулами H_2O) наиболее медленной и определяющей скоростью всего процесса стадией является диффузия атомов железа. Защитная окисная пленка растет по диффузионно-

му параболическому закону. Скорость роста пленки быстро увеличивается с повышением температуры, так как при этом возрастает константа диффузии.

Для предотвращения коррозии металла котла необходимо избегать повреждений защитной пленки и одновременно создавать условия для быстрого ее восстановления. Причины повреждения защитной пленки могут быть механического, термического и химического характера. Механические повреждения вызываются, например, длительными колебаниями давления, обуславливающими переменный изгиб нагреваемых труб в месте их крепления. Резкие колебания температуры стенки трубы вследствие попеременного воздействия на металл пара и воды могут создавать напряжения между основным металлом и защитной пленкой, в результате которых при достаточной разности температур происходят разрушение и отслаивание пленки из-за различных значений теплопроводности и коэффициентов расширения металла и оксидов.

При контакте металла с водородом на поверхности образуется тонкий слой адсорбированного газа. Температурная зависимость коэффициента диффузии водорода в металл подчиняется уравнению Аррениуса. Продиффундировавший в объём металла водород распределяется среди металлических атомов и может находиться в нём в различных состояниях:

- а) растворяться в металле;
- б) скапливаться на несовершенствах кристаллического строения;
- в) адсорбироваться на поверхности микронесплошностей и частиц вторичных фаз;
- г) скапливаться в микропорах в молекулярной форме.

В металле всегда имеются области, в которых атомы водорода обладают пониженной свободной энергией по сравнению с нормальными его позициями в кристаллической решётке металла, так называемые ловушки водорода. Наиболее эффективными ловушками водорода являются границы зёрен, дислокации и межфазные границы металл-частица. Таким образом, в металле всегда есть области с повышенным содержанием водорода по сравнению со средним его содержанием в стали, что приводит к ухудшению свойств металла. В общем случае водород может влиять на механизмы разрушения стали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орукбаев Р.К. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. - Павлодар, 2011.
2. <http://www.ngpedia.ru/id113049p1.html> - информация о щелочной коррозии.

Түйіндеме

Мақалада химиялық коррозиядан металдың ығысы туралы сұрақ қарастырылады.

Resume

In the article the question on protection of metal from chemical corrosion is considered.

УДК 620.1:621.193

КОРРОЗИЯ РАБОТАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Н.Н. Карпенко, Л.Н. Карпенко,
Д.Ж. Текжанова, С.А. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Металл барабанных котлов подвержен различным видам коррозии, но подавляющее влияние на нее оказывает содержание в рабочей среде кислорода. Это относится как к режиму работы котла, так и к режиму простоя его в резерве или ремонте. В этом случае проникающий в неработающие котлы воздух вызывает кислородную коррозию их внутренних поверхностей, смоченных котловой водой или сконденсированной влагой.

Основным видом нарушения поверхностей нагрева в котлах являются язвы от кислородной коррозии. Если продукты коррозии имеют черный цвет, образованный наличием в них преимущественно магнетитов (Fe_3O_4), и прочно связаны с металлом, то эти язвы могли образоваться при работе котлов; если же окислы железа имеют рыжий цвет и легко удаляются с поверхности металла, то следует предположить, что кислородная коррозия протекала при простаивании агрегатов.

При пуске котла в работу в котловой воде резко повышается содержание железа, меди, фосфатов, а также снижается рН до 6,3-7 уже при давлении в котле 4,0 МПа. Величина рН котловой воды повышается после включения котла в работу через 24-36 часов.

При работе котла, с целью исключения образования кислых фосфатов, необходимо вводить в котловую воду тринатрий – фосфат в смеси с едким натром или без него, но величина рН котловой воды должна быть не менее 8.5. При этом происходит подщелачивание котловой воды и устанавливается достаточное щелочно-кремниевое отношение, при котором предотвращается осаждение кремневой кислоты подщелачиванием достигается снижение выноса железа в пар из котловой воды.

Гидразинно-аммиачный водно-химический режим блока сверхкритических параметров наиболее благоприятный щелочной режим

осуществляется при значениях рН питательной воды на уровне 9.5-9,6. При гидразинно- аммиачном режиме величине рН нормируется на уровне 9.1+0,1. Сущность режима заключается в дозировании в питательную воду гидразина и аммиака. Аммиак дозируется с целью предупреждения коррозии питательного тракта путем повышения рН среды.

Дозирование аммиака при наличии латунных трубок в тракте низкого давления (ПНД) приводит к их коррозии, особенно при нарушении режима. При восстановительном режиме вводится только гидразин, ввод осуществляется перед ПНД. Качество питательной воды должно отвечать следующим показателям: величина рН на уровне 7,7-0,2; содержание гидразина 80-100 мкг/кг. содержание кислорода не более 10 мкг/кг. Преимущество данного режима в том, что существенно снижается вынос меди в питательный тракт, несколько снижается вынос железа. При этом снижается занос поверхностей нагрева НРЧ и занос проточной части турбины.

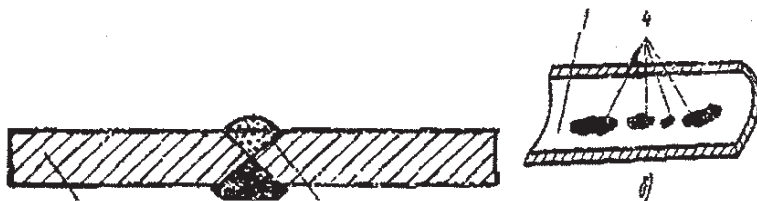
При дозировки окислителей на поверхности металла создаются защитные плотные, тонкие оксидные пленки. Соотношение компонентов в защитной пленке зависит от температуры среды и характера водно-химического режима.

Исследования металла турбин показали, что некоторые части турбин подвержены коррозии, это в основном лопаточный аппарат, роторы и диски ЦНД. К коррозионно-активным веществам относятся минеральные и органические кислоты, едкий натр и хлористый натрий. Непосредственно влиять на водно- химический режим паровых турбин в процессе их эксплуатации невозможно. Влияние на водный режим турбин можно оказывать только изменяя водный режим предшествующих элементов.

Полностью избежать отложений в проточной части турбин практически невозможно. Для удаления отложений из проточной части турбин необходимо периодически проводить профилактические промывки. При выводе турбины в ремонт ее следует консервировать одним из известных способов, например, продувкой горячим воздухом или с применением различных реагентов.

В застойных участках котлов, где скапливается шлам, образуются раковины глубиной до 1 мм и более в результате протекания стояночной коррозии.

Пароводяная коррозия в виде бороздок и язв характерна для экранных труб барабанных котлов при повышенных тепловых нагрузках. Это случай работы паровых котлов на малых нагрузках с преимущественной подачей мазута взамен твердого топлива. Они обнаруживаются вблизи сварного шва и на «целом» металле с огневой стороны. Цепочки повреждений, как правило, бывают покрыты рыхлым слоем окислов металла. Размер язвин 5-6 мм в ширину и до 1-1,5 мм в глубину. Длина язвины может достигать величину от 10 до 20 мм (Рисунок 1). Подобная коррозия связана с разрушением защитных пленок металла.



а - сварочный металл; б - металл жидких труб; 1 - металл; 2 - сварной шов; до разрушения; 3 - после разрушения; 4 - цепочка повреждений

Рисунок 1 - Язвенная пароводяная коррозия при высоких тепловых нагрузках и нарушениях циркуляции

Определение истинных причин разрушения пленок на металле представляет большой практический интерес. Известно, что оно является результатом воздействия на поверхность котельного металла механических, термомеханических и химических факторов. Механическое разрушение защитной пленки может возникать при колебательных, вращательных и возвратно-поступательных движениях элементов котла. Оно может быть результатом плохой термодинамики потока воды и пара, при котором происходит срыв защитной пленки с поверхности металла, термомеханическое разрушение пленок, вызываемое изменением температуры металла в процессе эксплуатации котла, исследовано М.А. Стыриковичем [55]. Наибольшее разрушающее действие на защитные пленки оказывают так называемые тепловые токи, в результате которых в ряде случаев металл разрушался за несколько десятков часов.

На пароводяную коррозию большое влияние оказывают нарушения топочного режима, шлакование и вялая циркуляция воды (при снижении нагрузки на котле)

Поверхности нагрева барабанных котлов могут подвергаться щелочной коррозии (щелочной или каустической хрупкостью), которая проявляется в виде локализованных разрушений экранных труб и хрупких повреждений (межкристаллитных трещин) в местах упаривания котловой воды. Щелочная коррозия развивается на трубах экранной системы, на теплонапряженных участках котла.

При высоких температурах (выше 200 °С) и концентрированных растворах едкого натра (относительная щелочность котловой воды, т. е. доля едкого натра в общем солевом составе котловой воды, которая нормируется) защитная пленка на перлитных сталях разрушается и металл подвергается коррозии. Высокая концентрация едкого натра может образоваться в местах глубокого упаривания под шламом или в местах ухудшенной циркуляции котловой воды. Промежуточным продуктом щелочной коррозии является растворимый феррит

натрия (Na_2FeO_2), который в дальнейшем подвергается гидролизу, в результате чего образуются едкий натр, магнетит и молекулярный водород.

При работе теплоэнергетического оборудования - основного и вспомогательного - и во время его кислотных промывок часто возникает его охрупчивание под действием водорода (продукта коррозионного процесса с водородной деполяризацией) и сероводорода. При этом охрупчивание металла под действием водорода, который насыщает металл, всегда сопутствует так называемой «каустической хрупкости», щелочной и подшламовой коррозии металла паровых котлов, а также очистке последних от загрязнений путем кислотных промывок.

Диаметр молекулы водорода равен 2,12 А. Энергия диссоциации молекулы водорода на атомы составляет 103 ккал/ моль. Термическая диссоциация при температурах ниже 2000 °С очень мала ($K = 10-41$ при 225 °С, $K = 10-41$). Диаметр атома водорода равен 1 А. Энергия ионизации свободного атома — 312 ккал/моль.

В большинстве работ [57] указывается, что в результате контакта водорода с металлом происходят три основных процесса:

- 1) адсорбция газа на металлической поверхности. При этом образуется пленка толщиной в одну-две молекулы;
- 2) абсорбция газа металлом;
- 3) диффузия абсорбированного газа сквозь металл.

В состав конденсатно-питательного тракта ТЭС входит такое оборудование, как конденсатные и бустерные насосы, фильтры блочных обессоливающих установок, подогреватели высокого и низкого давления (ПНД и ПВД), сетевые подогреватели ТЭЦ, баки, трубопроводы и арматура. В кон- денсатно-питательном тракте коррозии оборудования идёт за счет подсосов кислорода, углекислоты источниками которой являются бикарбонаты натрия, содержащиеся в химически очищенной воде, и бикарбонаты кальция, которые поступают из охлаждающей воды через неплотности в конденсаторах турбин. Бикарбонаты натрия термически разлагаются с выделением угольной кислоты.

В тракте низкого давления температура питательной воды повышается на десятки градусов, при этом увеличивается коррозия металла. Согласно закону Вант-Гоффа повышение температуры на 10 °С ускоряет протекание реакции как минимум в два раза. Это относится к коррозии латуни и стали под действием угольной кислоты в закрытой системе. Кроме того, в ПНД и сетевых подогревателях происходит локальное повышение концентрации угольной кислоты в местах частичной конденсации пара.

В закрытых системах, например в поверхностных подогревателях, где отсутствуют условия для удаления кислорода, нагрев воды приводит к непрерывному повышению скорости коррозии. Повышение температуры воды, содержащей

угольную кислоту, усиливает диссоциацию молекул последней с соответствующим увеличением концентрации ионов водорода и скорости коррозии. Скорость кислородной коррозии стали в присутствии угольной кислоты максимальна в интервале 60-70 °С. Коррозия с выделением водорода при повышении температуры непрерывно возрастает. Таким образом, при наличии угольной кислоты, особенно в горячей воде, процесс коррозии развивается с заметным выделением водорода даже в присутствии растворенного кислорода. Очевидно, образующийся водород в этих условиях кислородом воздуха не окисляется.

Все виды указанного оборудования контактируют с водой, подготавливаемой химическими и термическими методами, состав которой в зависимости от схемы подготовки воды может существенно различаться в виду содержания солей.

При низких концентрациях ионов водорода, обусловленных наличием угольной кислоты, наблюдается коррозия трубчатой системы и корпуса ПНД, баков и трубопроводов дренажных конденсатов. Со стороны воды ПНД и весь водный тракт подвергаются коррозии при совместном действии кислорода и угольной кислоты.

В открытых системах (баках, негерметизированных смешивающих подогревателях), где при подогреве воды возможно выделение растворенных в ней газов, коррозия стали вначале увеличивается с ростом температуры, а затем уменьшается, так как интенсификация коррозии под действием повышенной температуры компенсируется ее уменьшением вследствие деаэрации и снижения при этом растворимости кислорода. В результате противоположного действия этих факторов кривая, выражающая температурную зависимость скорости коррозии, при 60-70°С проходит через максимум.

В водных средах при низких температурах и $pH < 7,0$ кислородная коррозия стали приобретает сравнительно равномерный характер даже в присутствии хлоридов и сульфатов.

К числу элементов конденсатно-питательного тракта, начиная с деаэратора, относятся главным образом трубопроводы питательной магистрали, подогреватели высокого давления (ПВД), насосы и арматура. Основным видом оборудования этой части тракта являются ПВД, корпус и трубки которого изготавливаются из стали. Повышение температуры после ПВД способствует развитию коррозионного процесса под действием остаточного содержания кислорода и угольной кислоты в деаэрированной воде. Со стороны пара в конденсате ПВД может происходить накопление коррозионных агентов, при этом изменяются физико-химические свойства среды.

В конечном итоге повышение давления и температуры воды и пара интенсифицирует протекание коррозии металла работающего оборудования.

Защитный оксидный слой, образующийся на стали после деаэрации, прочный, при условии отсутствия угольной кислоты.

В условиях эксплуатации конденсатно питательного тракта могут наблюдаться чисто эрозионные и коррозионно-эрозионные разрушения труб при скоростях движения воды выше 5 м/с и достаточно низких значениях рН, не превышающих 7.

Такие теплообменники как бойлера, конденсаторы турбин, маслоохладители, воздухоохладители, охладители статора электрогенератора, охладители конденсата эжекторов и др охлаждаются водой технического водоснабжения электростанции или основным конденсатом турбоустановки в зависимости от схемы включения. Для их изготовления применяют медь (с добавлением As), оловянистую и алюминиевую латунь, медно-никелевые сплавы 90/10 и 70/30 и алюминий. Во вспомогательных теплообменниках наблюдаются питтинг-коррозия, обесцинкование, избирательное растворение никеля (у медно-никелевых сплавов), коррозионное растрескивание и др.

Питтинг возникает при простое теплообменников, особенно если в воде содержатся органические вещества или вещества, образующие NH_3 .

При использовании нелегированных латуней достаточно часто встречается коррозия обесцинкования латуни.

Обесцинкование - редко встречающийся коррозионный процесс при использовании легированных латуней. И может возникнуть только под воздействием загрязненной речной воды.

Скорость коррозии оборудования и трубопроводов в конденсатно-питательном тракте снижается при условии поддержания нормируемого качества конденсата и питательной воды.

На снижение коррозии оборудования конденсатно-питательного тракта особенно влияет концентрация кислорода в питательной воде, если на ТЭС не используется НКВХР, при ведении которого в питательную воду дозируется дополнительно кислород. В эксплуатации используется термическая деаэрация, однако для поддержания нормируемого показателя на уровне 10 мкг/дм³ дополнительно к термической деаэрации для химического удаления кислорода из питательной воды в нее вводят сульфит натрия или гидразин, связывающие O_2 в неагрессивные соединения и таким образом предотвращающие протекание электрохимических коррозионных процессов в конденсатно-питательном тракте.

Химическое обескислороживание воды при помощи Na_2SO_3 (сульфитирование воды) выполняется для котлов среднего давления. При химическом обескислороживании с использованием Na_2SO_3 протекает реакция (4.3), обуславливающая увеличение солесодержания обескислороженной воды:



Скорость реакции (1) зависит от pH, температуры, избытка сульфита, присутствия катализаторов и др.

Основным фактором, определяющим скорость сульфитирования воды, является pH, что видно из диаграммы рис. 2., в которой отдельные компоненты сульфит-бисульфитного равновесия (в массовых долях) представлены в зависимости от pH. Рисунок показывает, что при pH = 4,5 в растворе преобладает ион HSO_3^- (почти 100%), при pH = 7 содержание ионов HSO_3^- и SO_3^{2-} одинаково, а в растворе с pH > 8,5 содержится только SO_3^{2-} (100%). Отсюда следует, что оптимальные значения pH, при которых необходимо проводить сульфитирование, должны превышать 8,5. На практике поддерживают pH на уровне 8,5-10,0; при pH > 10,0, если в сульфите натрия содержатся катализаторы, происходит их осаждение и замедление скорости реакции.

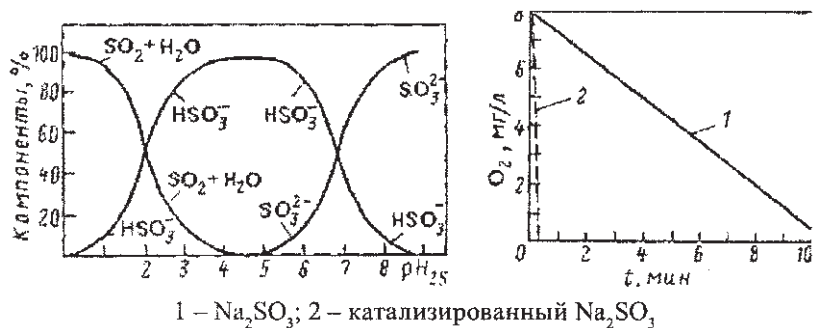


Рисунок 2 - содержание SO_2 , HSO_3^- , и SO_3^{2-} в воде в зависимости от pH25, %

Рисунок 3 - Содержание остаточного O_2 в воде после сульфитирования при 25 °С и pH = 8 в зависимости от времени контакта с Na_2SO_3 и O_2 [19]

Увеличение температуры ускоряет реакцию (3). При 60° С, например, эффект этого ускорения эквивалентен повышению pH или добавлению катализатора.

Прямоточные котлы, которые эксплуатируются на энергетических предприятиях, практически все работают на сверхкритическом давлении (СКД) пара. Как правило, не имеют в составе питательной воды конденсата, возмещаемого с производства, что исключает случайные примеси. В котлах докритического давления вода превращается в пар той же температуры, но с гораздо меньшими плотностью и теплоемкостью. С повышением давления различие между свойствами кипящей воды и насыщенного пара уменьшается. Разность их плотностей исчезает при критическом давлении 22,5 МПа и температуре 374,15 °С. При этих параметрах вода

превращается в пар без изменения энтальпии, плотности и других характеристик своего состояния.

Экранные трубы и пароперегреватели изготавливаются преимущественно из стали перлитного класса марки 12Х1МФ, легированной хромом, молибденом и ванадием.

Поверхности нагрева котла, работающие при повышенных температурах (более 500 °С), изготавливают из перлитной стали 12Х2МФСР, а также аустенитной стали марки Х18Н12Т. Добавочная вода этих котлов готовится по трехступенчатой схеме полного обессоливания с предварительной очисткой в осветлителе. Весь собственный конденсат установки (100 %) проходит очистку на блочной обессоливающей установке.

В отдельных зонах этих котлов на внутренней поверхности труб могут возникать опасные железоокисные отложения вследствие окисления металла водной средой. Первый весьма тонкий слой Fe₃O₄, граничащий с металлом, образуется при сохранении кристаллографической ориентации зерен стали при диффузии в нее кислорода. Второй, более толстый, образуется со стороны водной среды вследствие окисления окислов железа, диффундирующих из металла к среде.

При обычных условиях эксплуатации котлов окисная пленка состоит из Fe₃O₄. Преобладание FeO свидетельствует о температуре металла выше 572 °С, а преобладание Fe₂O₃ является признаком доступа кислорода.

После образования первичной окисной пленки дальнейшее окисление железа идет за счет диффузии через эту пленку молекул воды, пара или же атомов железа. В этом двух-стадийном процессе (диффузия атомов железа - окисление его молекулами H₂O) наиболее медленной и определяющей скоростью всего процесса стадией является диффузия атомов железа. Скорость роста пленки быстро увеличивается с повышением температуры, так как при этом возрастает константа диффузии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акользин П. А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. – М.: Энергоиздат, 1982. – С. 302.
2. Глазырин А. И., Глазырин А. А., Орумбаев Р. К. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. – Павлодар: ЭКО, 2011. – С. 728.

Түйіндемe

Мақалда коррозиядан жұмыс істейтін жабдықты қорғауының сұрағы қаралады.

Resume

The question of the corrosion protection for the working equipment is observed here.

УГЛЕКИСЛОТНАЯ КОРРОЗИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Л.Н. Карпенко, Н.Н. Карпенко, Е.В. Кочтова, С.А. Глазырин
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов в результате химического, электрохимического или биологического воздействия окружающей среды. Кислород и углекислый газ, растворенные в воде, являются основными причинами коррозии, поэтому содержание этих элементов должно быть сведено к минимуму. Кислородная коррозия возникает в самом котле, а также в паро- и конденсатопроводах.

Углекислотная коррозия имеет место, в основном, в конденсатной системе. При конденсации пара, образуется углекислота, которая растворяет железо в металле конденсатопровода, приводя к его преждевременному износу. Коррозионное железо попадает в деаэратор, а затем с питательной водой и в котел, где образует отложения, приводящие к выходу жаровых труб из строя.

Углекислота в большем или меньшем количестве присутствует в громадном большинстве природных вод. Лишь при pH 8,3 количество ее в воде становится незначительным и практически неощутимым. Источником появления CO_2 в природных водах являются в основном биохимические процессы, протекающие как в самой воде, так и в почвах, с которыми вода соприкасается. В частности, с выделением CO_2 связаны микробиологические процессы при гниении растительных остатков, протекающие на разной глубине. Выделяется CO_2 и в результате процессов взаимодействия осадочных карбонатных пород с грунтовыми водами. Нельзя забывать и о том, что в атмосфере содержится лишь 0,03% CO_2 . В воде, не содержащей солей, при температуре 15° С растворяется 0,59 мг/л углекислоты, что придает воде слабокислые свойства (pH = 5,7). В большинстве случаев содержание двуокиси углерода CO_2 в природных водах значительно выше, и поэтому процесс ее поглощения из атмосферы обычно не играет существенной роли. Лишь в поверхностных слоях больших водоемов, например в поверхностных слоях морской воды, количество CO_2 в летние дни бывает настолько низким (вследствие фотосинтеза и поглощения CO_2 растениями и, в частности, планктоном), что поглощение углекислоты из атмосферы может иметь практическое значение. В застойных местах на побережье моря, где преобладали растительные обрастания, было зафиксировано увеличение pH до 8,35, что соответствует весьма малому содержанию CO_2 .

Для удаления кислорода и углекислого газа из питательной воды применяются деаэраторы различных конструкций. Применение деаэратора

позволяет существенно снизить содержание свободного кислорода (до 0,02 мг/кг), остальное же количество должно связываться химическим способом.

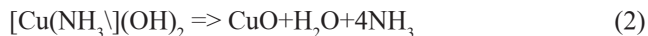
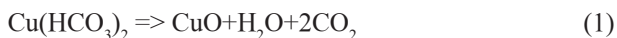
При наличии в конденсате уголекислоты происходит существенное снижение pH. Так, при 25 °С и содержании CO₂ 0,045 мг/дм³ значение pH снижается до 6,31, а при 0,48 мг/дм³ CO₂ - до 5,7.

Угольная кислота в воде диссоциирует на ионы не полностью и в значительной степени находится в виде недиссоциированных молекул. Разрядившиеся в процессе коррозии ионы водорода появляются вновь за счет дальнейшей диссоциации.

При этом pH среды изменяется мало, а процесс коррозии продолжается с прежней интенсивностью.

Особенно опасна уголекислотная коррозия для медных сплавов, когда уже следы CO₂ в конденсате могут выщелачивать медь с получением бикарбоната меди Si(HCO₃)₂ а в присутствии аммиака - с получением комплексного соединения [Cu(NH₃)₄](OH)₂.

Эти соединения неустойчивы и разлагаются:



Углекислота в растворе диссоциирует не полностью:

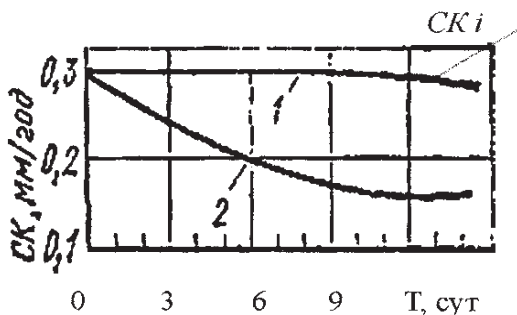


Наличие буферных свойств раствора затрудняет нейтрализацию угольной кислоты, так как разрядившиеся ионы водорода пополняются новыми за счет дальнейшей диссоциации, и pH среды изменяется незначительно. Атомарный и молекулярный водород восстанавливают и отслаивают оксидные пленки с поверхности металла, вследствие чего кислород через поврежденные участки беспрепятственно поступает к поверхности металла и коррозия протекает с неизменной скоростью.

Углекислота способствует развитию коррозионных процессов (углекислотная коррозия) как непосредственно, так и через снижение значения pH (кислая среда неблагоприятна « для перлитных сталей»). Поэтому деаэрация питательной воды предназначена не только для кислорода, но и для удаления углекислоты.

При pH, равном 4,5, создаваемая растворением в воде угольная кислота столь же агрессивна, как и раствор соляной кислоты, имеющий pH около 3. Коррозия в присутствии угольной кислоты приводит к загрязнению воды твердыми продуктами.

Причиной непрочного сцепления окислов с корродирующей поверхностью металла является восстанавливающее и отслаивающее действие на окисные пленки образующегося атомарного и молекулярного водорода.



1 - $[O_2] = 5$ мг/кг и $[CO_2] = 20$ мг/кг, 2 - $[O_2] = 5$ мг/кг и $[CO_2] = 0$

Рисунок 1 - Зависимость скорости коррозии стали в воде от времени при температуре 40 °C

Этим свойством CO_2 объясняется тот факт, что кислородная коррозия стали в присутствии угольной кислоты протекает практически без замедления: вследствие неустойчивости окисных пленок поступление кислорода к поверхности металла с течением времени не уменьшается и коррозия под действием его продолжается с неизменной скоростью. Такое свойство угольной кислоты иллюстрируется на рис. 1, на котором кривые 1 и 2 показывают ход кислородной коррозии стали в воде, содержащей и не содержащей угольную кислоту.

Коррозия стали и латуни в растворах угольной кислоты и аммиака.

Если содержание CO_2 в воде больше, чем это необходимо для поддержания концентрации карбоната кальция в растворе, то вода обладает коррозионной активностью. При отсутствии в воде кислорода коррозионная активность CO_2 по сравнению с эквивалентным количеством кислорода в 7-10 раз ниже.

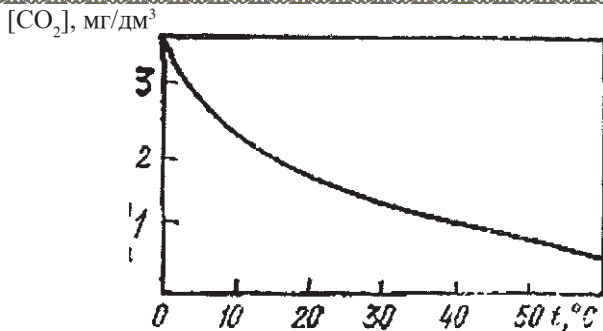


Рисунок 2 – Растворимость угольной кислоты в зависимости от температуры воды

На рис 2 представлена зависимость растворимости угольной кислоты от температуры. Наличие в системе угольной кислоты способствует существенному повышению концентрации ионов водорода, снижению значения pH среды, что повышает скорость коррозии металла.

При одном и том же значении pH в зависимости от того, обусловлено оно угольной кислотой или полностью диссоциирующими на ионы сильными кислотами (например, HCl, H₂SO₄), коррозия протекает с различной скоростью. Наличие буфера затрудняет нейтрализацию угольной кислоты; в присутствии последней коррозия ускоряется. Разрядившиеся в ходе коррозии ионы водорода пополняются новыми порциями вследствие протекания реакции:



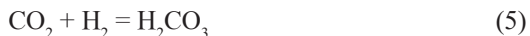
В результате pH среды изменяется мало, а процесс коррозии продолжается с прежней интенсивностью. Полностью же диссоциированные (сильные) кислоты нейтрализуются при коррозии, что приводит к повышению pH среды и, следовательно, к уменьшению скорости коррозии.

Коррозия в присутствии угольной кислоты приводит к загрязнению воды твердыми продуктами коррозии.

С повышением концентрации CO₂ в обессоленной воде уже при pH, равном 5,7, скорость коррозии стали значительно увеличивается по сравнению со скоростью коррозии при pH = 7. На коррозию заметное влияние оказывает скорость движения потока среды. Так, по данным [1], при движении жидкости скорость общей коррозии углеродистой стали в оборотной воде в 1,4-3,4 раза больше, а в дистиллированной воде в 6-16 раз больше, чем в статических условиях.

Преимущество применения угольной кислоты состоит в том, что она не способна создавать сильноокислые среды, даже при высоких концентрациях,

и обладает большой буферностью не только за счет относительно малой степени диссоциации молекул H_2CO_3 , но и за счет того, что растворенная в воде двуокись углерода только на 0,2-0,3 % находится в виде угольной кислоты (H_2CO_3). При уменьшении концентрации этой кислоты происходит восстановление ее за счет свободной CO_2 по реакции:



При применении раствора угольной кислоты нет опасения получить раствор с величиной pH ниже 4,5 (в промышленных условиях уголекислотного травления). Применение раствора угольной кислоты определяется также и неограниченными возможностями получения ее из дымовых газов непосредственно на электростанции в любое время.

Причина появления локальной коррозии, по нашему мнению, заключается в том, что при малых концентрациях угольной кислоты она разрушает защитную окисную пленку на поверхности металла только в наиболее «слабых» местах, где в последующем протекает локальная кислородная коррозия. Подобный механизм объясняет снижение локализации процессов коррозии при температуре 80 °С, так как в этом случае равновесная концентрация кислорода в растворе снижается в 2,5 раза.

На латунных образцах в этих условиях язвенная коррозия не наблюдается. Поверхность образцов покрыта пленкой коричневатого цвета.

При содержании уголекислоты в растворе свыше 12 мг/дм³ и до 150 мг/дм³, при температуре раствора от 25 до 80 °С и содержании кислорода в растворе, соответствующем закону распределения, проведение опытов с чистыми образцами из стали 20 и латуни Л1-68 показало отсутствие следов язвенной коррозии. Коррозия равномерна и зависит от концентрации уголекислоты и времени проведения опыта.

Исследования режимов уголекислотного травления и режимов интенсивной циркуляции раствора, подтверждают известное положение, что на кинетику коррозии углеродистой стали в растворах уголекислоты основное влияние оказывают диффузия растворенного в воде кислорода, свойства образующихся защитных пленок, величина pH среды, концентрация уголекислоты, скорость движения среды.

Применение растворов уголекислоты с pH < 5,7 для выполнения холодных отмывок на любом теплоэнергетическом оборудовании не вызывает локальной коррозии металла, а общая коррозия за одну пусковую операцию не превышает 0,26 мкм.

Может использоваться технология отмывки любых поверхностей нагрева с использованием уголекислоты по разработанным режимам. Это, например, поверхности нагрева водогрейных котлов перед пуском их в работу в зимний отопительный сезон. Это могут быть и тепловые сети небольшого

объема. Для отмытки в этих вариантах следует приготовить подкисленный раствор и подать его в поверхности нагрева.

Выдержать раствор в течение 3-4 часов, отмыть поверхности до нормируемого качества воды и запустить поверхности нагрева в работу. Для приготовления моющего раствора можно использовать углекислоту из баллона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акользин П. А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. – М.: Энергоиздат, 1982. – С. 302.

2. Глазырин А. И., Глазырин А. А., Орумбаев Р. К. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. – Павлодар: ЭКО, 2011. – С. 728.

Түйіндемe

Мақалда көмірқышқыл коррозиядан жабдықтың қорғауының сұрағы қаралады.

Resume

This article researches the problem of the equipment protection from the carbon-dioxide corrosion.

УДК 621.395.31

ОБЗОР МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОГО УПЛОТНЕНИЯ TELMAX

А.П. Кислов, А.С. Звонцов

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Telmax – это многоканальная система цифрового уплотнения, в которой использована технология SDSL (Symmetrical bit rate Digital Subscriber Line-Цифровая абонентская линия связи с высокой скоростью передачи) для предоставления обычной телефонии общего пользования (POTS) абонентам в количестве (где может быть 4, 8, 10 или 12 абонентов) через единую витую пару. Кроме того, система Telmax может также иметь подключение к ISDN. Все подключения абонентов к ISDN или POTS производятся по единой витой паре.

В самом простом виде, как это показано на рисунке 1, одна система Telmax состоит из станционной платы (EU), вставляемой в станционный шкаф Telmax в центральной станции, и дистанционного блока (RU), размещенного в помещениях или вблизи помещений удаленных абонентов и соединенного с EU витой парой [1-3].

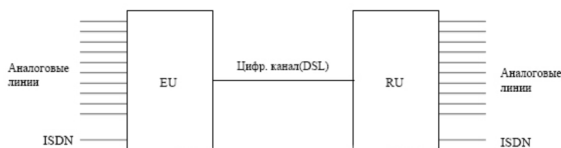


Рисунок 1 – Упрощенное отображение системы TelMax

Одновременная, независимая, дуплексная связь голосом и цифровой информацией предоставляется по каналам между центральной станцией и абонентами, причем коммуникационная технология SDSL служит для передачи оцифрованного голоса и информации через единую витую пару. Цифровая связь между станционной платой и дистанционным блоком вместе с подключенными к нему устройствами производится со скоростями передачи в любом контуре с эквивалентным затуханием равным или меньшим, чем значения, приведенные в таблице.

Таблица 1

Скорость передачи и затухание сигнала в возможных конфигурациях

Число каналов	Скорость передачи (кбит/сек)	Эквивалентное затухание (дБ) при 150 кГц
12	872	28
10+i	904	28
10	720	30
8+i	720	30
8	584	35
4+i	456	40
4	336	48

На обоих концах системы сигналы обычных аналоговых телефонных каналов сначала преобразуются в цифровые битовые потоки ИКМ. комбинируются и преобразуются в линейный кодированный сигнал 2B1Q [5], а затем через трансформатор подводятся к витой паре.

Дополнительная ширина диапазона обеспечивает передачу сигнальной информации, такой как контур – звонок, полярность, измерение и контроль/обслуживание. Надежность передачи и функционирование улучшаются эхо гашением и коррекцией ошибок при обработке SDSL.

ISDN интерфейсы блоков EU и RU подстраиваются под условия противоположащих интерфейсов [8-10] для поддержания правильной работы порта центральной станции и сетевого окончания. Это касается как условий по постоянному току, так и сигнальных значений 2B1Q.

Оборудование системы.

Типовая система Telmax состоит из следующих узлов:

– станционная плата (EU). Размещается в станционном шкафу на центральной станции и напрямую соединена с абонентскими линиями с помощью накруточного соединения на задней части шкафа. EU является независимым узлом, который генерирует свое внутреннее напряжение и напряжение цифровой линии связи, запитываясь в свою очередь от источника станционного питания центральной станции.

– дистанционный блок (RU). Находится в помещениях или вблизи помещений абонентов. Питается от цифровой линии связи или же от местного источника, а именно, от батареи 18-75 В или же от питающего источника с резервными батареями [9], которые являются нестандартным оснащением системы RU также может быть выполнен в герметичном пластиковом корпусе, удобном для наружного монтажа, причем все соединения выполняются через многожильный, заполненный гелем кабельный конец с использованием стандартных методик соединения кабелей.

– станционный шкаф. Шкаф имеет высоту 7U (включая 1U вентиляционной панели, которая служит для лучшего охлаждения полностью укомплектованных шкафов, смонтированных в несколько этажей внутри вертикальной станционной стойки). Монтируется в 19-дюймовой (475 мм) станционной стойке для оборудования центральной станции. Вмещает до 16 шт. 12-канальных EU (192 абонента), и выбираемую по желанию плату управления системой.

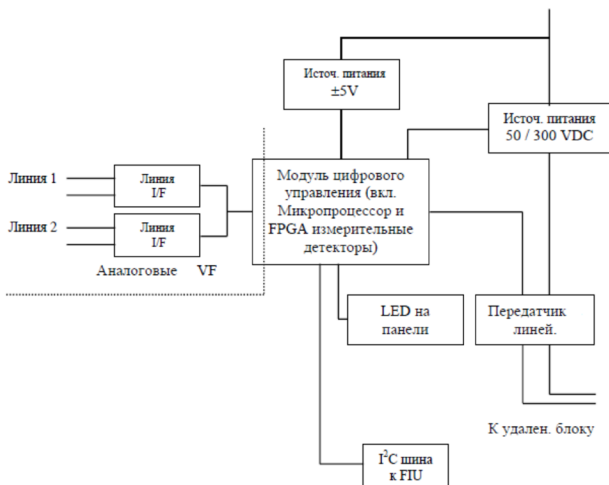


Рисунок 2 – Блок-схема станционной платы EU

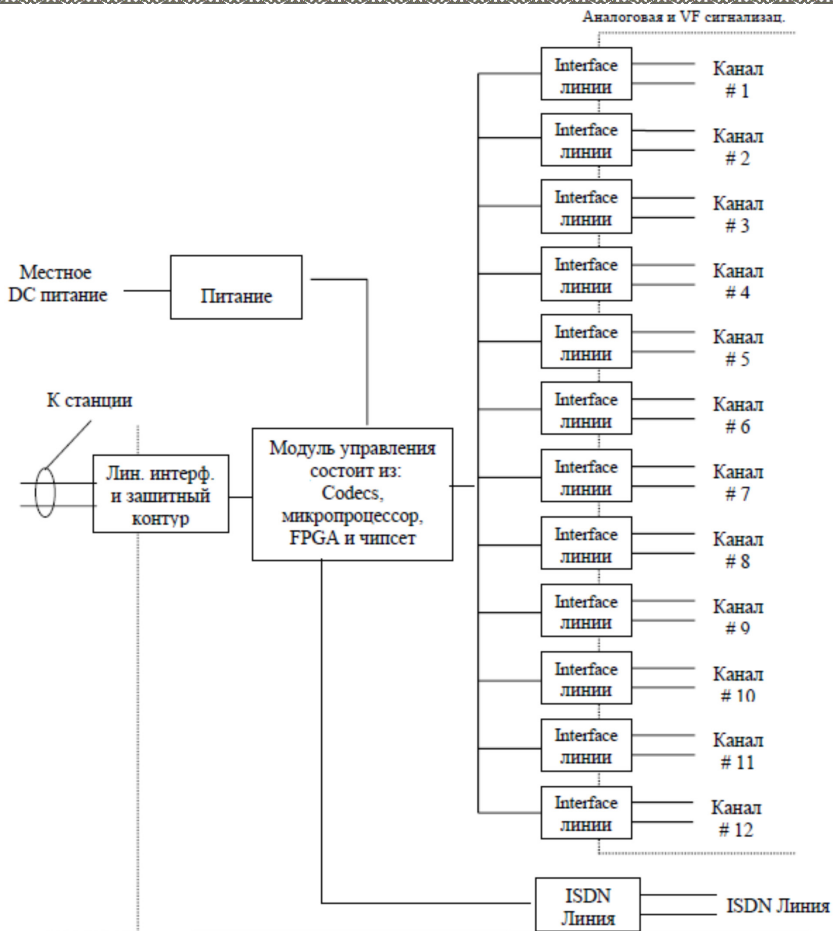


Рисунок 3 – Типовая блок-схема удаленного блока (RU)

Удаленный блок состоит из:

- линейного интерфейсного контура со встроенными генераторами звонка, измерительными генераторами и тестирующим модулем для каждой абонентской линии;
- линии ISDN, присоединенную к паре 13 на разъеме канального интерфейса;
- микропроцессор для управления;
- контур питания, предназначенный для питания RU и обеспечения батарейного питания для абонентских устройств.

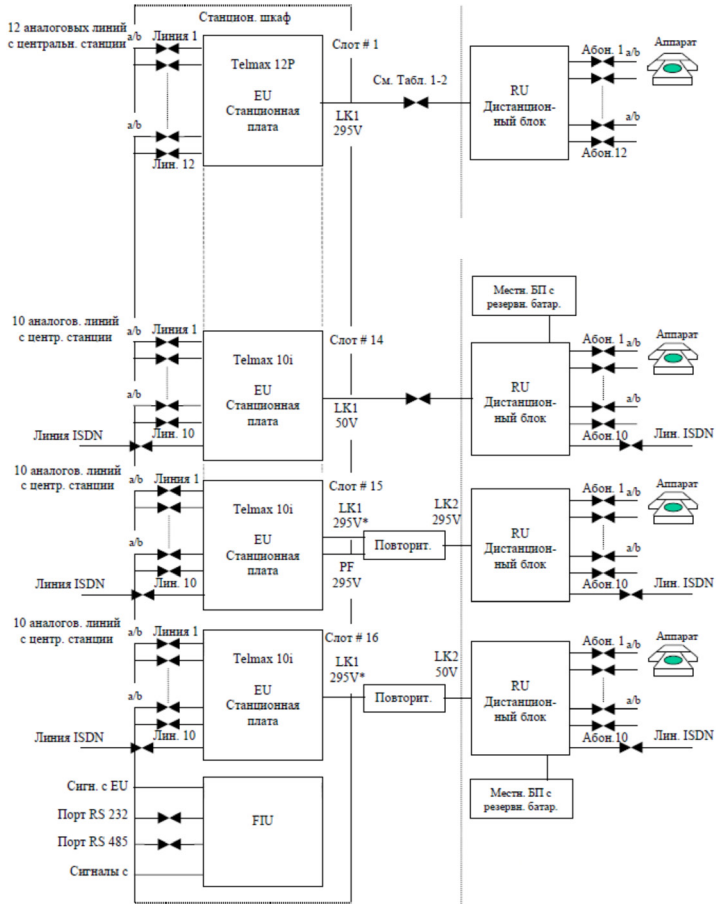


Рисунок 4 – Блок-схема вариантов питания RU

ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T. General overview of NGN. // Recommendation Y.2001. – Geneva, 2004.
2. ITU-T. General overview of the Global Information Infrastructure standards development. // Recommendation Y.100. – Geneva, 1998.
3. ITU-T. General principles and general reference model for Next Generation. // Networks Recommendation Y.2002. – Geneva, 2004.
4. Гойхман В.Ю., Васильев А.С. Диверсификация городских АТС. – Технологии и средства связи, спецвыпуск АТС 2004.
5. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. – М.: Alvares Publishing, 1998. – с.65-69.

6. Пинчук А.В. Соколов Н.А. Модернизация ГТС без узлов. // Вестник связи, 2005, №12.
7. Пинчук А.В. Соколов Н.А. Модернизация ГТС с узлами входящего сообщения. // Вестник связи, 2006, №1.
8. Соколов Н.А. Семь аспектов развития сети доступа. // Технологии и средства связи, 2005, №3. – с.105-111.
9. Соколов Н.А. Эволюция местных телефонных сетей. – ТОО “Книга”, Пермь, 1998. – 198 с.
10. Соколов Н.А. Выбор технологии коммутации для сетей следующего поколения. – <http://www.nicksokolov.ru>.

Түйіндеме

Telspec Telmax жүйе орталық станциясымен және абоненттердің арасындағы сызықтар үшін арналған. Telspec Telmax жүйесімен Telplus жүйелердің берілулері үшін HDSL технологиясын қолданылған жүйелерімен жақсы кепілдеме берген, өздерімен қатар қазіргі мыс кабелдік желісінің биігірек тығыздауына келесі табиғи адым болып табылады.

Бұл жүйелер Telspec мыс кабелі бойынша телефон соғуды жақсартылған беру және цифрларға қызметтер үшін ұсынатын бұйымдар үй-ішінің бөлішегі болып саналады.

Resume

The system is designed to Telspec Telmax lines between the central station and subscribers.

Along with the well-established systems Telplus and HDSL technology transfer systems, the system Telspec Telmax is the natural next step to a higher compaction of the existing copper cable network. These systems are part of a family of products that will offer Telspec for improved provision of telephony and digital services over copper cable.

УДК 621.395.41

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

А.П. Кислов, А.С. Звонцов

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

На сегодняшний день практически значимым является сценарий развития NGN на базе существующей сети ТфОП (телефонной сети общего

пользования), которые можно разделить на три большие группы: сети без узлообразования, сети с узлами входящих сообщений, сети с узлами входящих и исходящих сообщений [7].

Рассмотрим пример развития ГТС (городской телефонной сети) без узлообразования.

Сеть без узлообразования строится, как правило, в небольших городах. Под модернизацией инфокоммуникационной системы понимается создание современной сети класса «Triple-Play Services», обеспечивающей передачу трех видов информации: речь, данные и видео.

Значительная часть городских телефонных сетей построена по принципу связи коммутационных станций «каждая с каждой». Ранее подобный способ организации межстанционных связей использовался в городах при емкости ГТС не более 80 тыс. номеров. При использовании цифровых коммутационных станций топология «каждая с каждой» становится экономически целесообразной для ГТС емкостью в несколько раз больше [7,8].

Для ГТС без узлов могут использоваться различные сценарии перехода к NGN. Тем не менее, можно разработать общий подход, который содержит базовые решения по переходу к NGN.

Множество всех возможных структур NGN для рассматриваемой модели невелико. Поэтому можно использовать метод перебора всех допустимых решений, чтобы выбрать оптимальную структуру NGN. Структуру NGN можно считать оптимальной, если при выбранном критерии (как правило, при минимальных затратах оператора на реализацию проекта) и заранее заданных ограничениях определены основные атрибуты сети.

Их характерными примерами можно считать:

- численность коммутаторов (включая шлюзы) различного назначения [4];
- места расположения этих коммутаторов и их пропускную способность;
- схему связи коммутаторов между собой.

Допустим, что оптимальная структура NGN известна. Она показана на рисунке 1. Известно, что NGN начинает формироваться с уровня междугородной связи. Поэтому предполагается, что вместо АМТС будет установлен магистральный коммутатор (МК), который обеспечивает транзит IP-пакетов, содержащих информацию любого вида (речь, данные, видео), в сети междугородной и международной связи. На рисунке 1 показан начальный этап модернизации ГТС. Этот рисунок состоит из двух плоскостей. Верхняя плоскость иллюстрирует основные изменения, касающиеся сети сигнализации. В нижней плоскости показана структура сети, по которой передается информация пользователей (для NGN – IP-пакеты).

В городе начинает формироваться сеть IP, поддерживающая показатели качества обслуживания (QoS), которые определены для NGN [10]. Перечень таких показателей должен быть установлен администрацией связи. Основанием

для нормирования показателей QoS может служить, например, Рекомендация Международного союза электросвязи (МСЭ) Y.1541 [2]. На начальном этапе создания NGN в сети IP может использоваться всего один коммутатор.

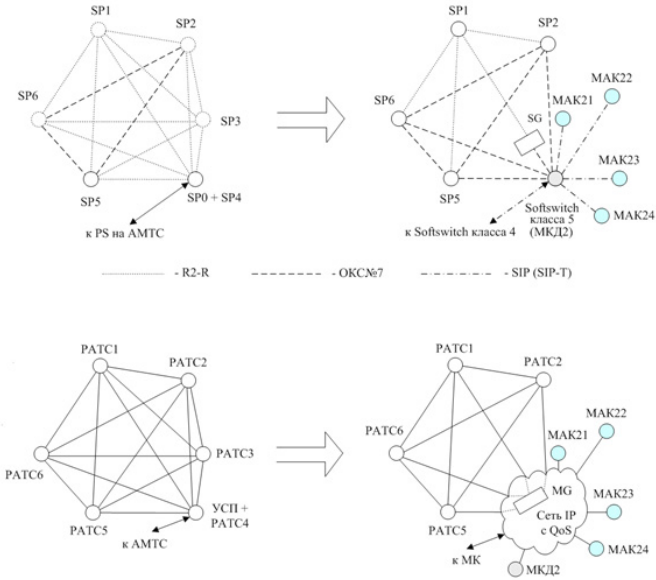


Рисунок 1 – Первый этап модернизации ГТС без узлов

В рассматриваемом примере четыре мультисервисных абонентских концентратора (МАК) обеспечивают обслуживание абонентов, которые ранее были включены в РАТС3 и РАТС4. Предполагается, что обе демонтируемые станции были аналоговыми.

Выбор оптимального числа МКД и МАК – самостоятельная задача, для решения которой необходимо провести достаточно сложные экономико-математические расчеты. Для определения общего подхода к модернизации ГТС, точное значение числа МКД и МАК не представляется существенным [7-9]. В границах IP-сети показан также транспортный шлюз MG (Media Gateway), который обеспечивает взаимодействие МАК со всеми РАТС, использующими технологию «коммутация каналов». В сеть IP включен еще один элемент – мультисервисный коммутатор доступа (МКД). Он представляет собой Softswitch класса 5. Пятый класс соответствует коммутационному оборудованию, функционирующему на уровне местных станций. Для анализа функций МКД необходимо обратиться к верхней плоскости рисунка 1. Шесть РАТС, вне зависимости от типа используемого оборудования коммутации,

можно рассматривать как пункты сигнализации – SP (signaling point). Такая трактовка была предложена МСЭ при разработке спецификаций для системы общеканальной сигнализации (ОКС). Номера SP и РТС совпадают. Для УСП выделен нулевой пункт сигнализации [4].

Основой сети сигнализации в NGN становится коммутатор Softswitch. Его функции – в рассматриваемом примере – выполняют три МКД, что обеспечивает высокую надежность инфокоммуникационной системы города. МКД поддерживает все протоколы сигнализации, необходимые и в NGN, и для взаимодействия с эксплуатируемыми РТС. Эти РТС могут использовать ОКС-7 или систему сигнализации, которая принята для электромеханических коммутационных станций. Для сигнализации на участках МАК – МКД, между МКД, а также между МКД и Softswitch класса 4 (который устанавливается на МК) предполагается использование протоколов SIP или SIP-T [7], но возможны и другие решения, соответствующие международным стандартам.

Для взаимодействия с аналоговыми станциями необходим шлюз сигнализации SG (Signalling Gateway). Дело в том, что коммутаторы Softswitch не поддерживают процессы обмена сигналами управления и взаимодействия, которые используются в отечественных аналоговых коммутационных станциях.

Предполагается, что в рассматриваемой модели ГТС только РТС1 построена на электромеханическом коммутационном оборудовании. В результате установки нового оборудования создается база для формирования NGN. В правой части нижней плоскости рассматриваемой модели показан только один маршрут между каждым МАК и сетью IP. Этот маршрут иллюстрирует логическую связь МАК с сетью IP. Для надежной связи обычно используются кольцевые топологии, которые обеспечивают включение каждого МАК в сеть IP по двум независимым путям.

На рисунке 2 показан один из возможных сценариев дальнейшего построения NGN. Он рассматривается как второй этап модернизации ГТС и основан на замене двух коммутационных станций: РТС1 и РТС2. Одновременная замена двух РТС – один из вариантов развития городской инфокоммуникационной системы [4].

Он интересен с точки зрения минимизации затрат на сеть доступа.

Установка МКД1 подразумевает реконструкцию сети доступа, в которой появляются еще три МАК. Между абонентами семи эксплуатируемых МАК все виды информации передаются в виде IP-пакетов. Управляют соединениями два МКД. Переход к технологии «коммутация каналов» необходим только для соединений, которые устанавливаются с терминалами, включенными в РТС5 или РТС6.

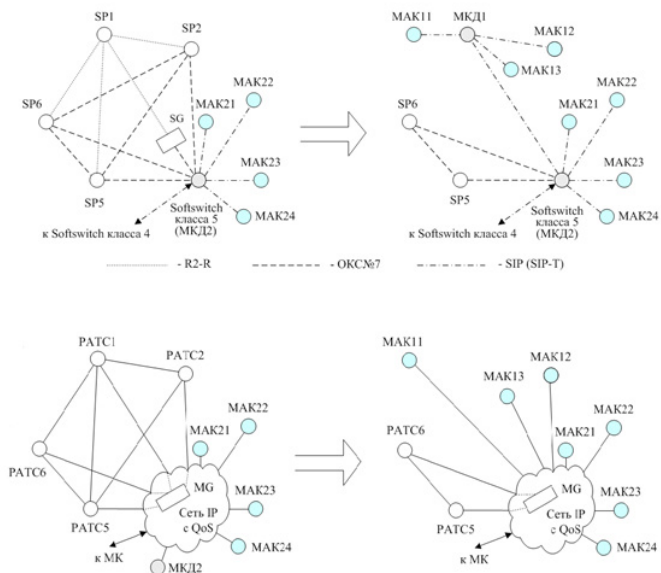


Рисунок 2 – Второй этап модернизации ГТС без узлов

Радикальные изменения свойственны сети сигнализации.

Только для PATC5 и PATC6 используются системы сигнализации, реализованные для телефонной связи. Все остальные элементы городской сети (МАК и МКД) взаимодействуют между собой по единой системе сигнализации, принятой для NGN.

Топология сети становится все более похожей на структуру NGN, формирование которой завершается на третьем – заключительном – этапе. Этот этап (рисунок 3) приводит к созданию сети со структурой, которая была выбрана заранее в качестве оптимального решения. Выбор структуры – предмет отдельного исследования, но его результат не влияет на предлагаемую методологию модернизации ГТС. Предполагается, что все МКД должны быть связаны между собой для обеспечения высокой надежности системы сигнализации NGN. Кроме того, предусмотрена организация двух независимых направлений для обмена информацией с оборудованием Softswitch класса 4. Выход к этому Softswitch может осуществляться через МКД1 и через МКД2. Такое решение гарантирует надежную связь модернизированной городской сети с верхними уровнями иерархии национальной инфокоммуникационной системы.

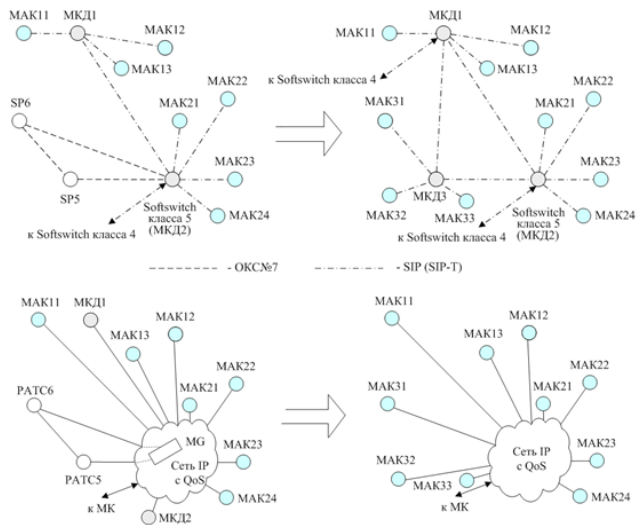


Рисунок 3 – Третий этап модернизации ГТС без узлов

Сценарии модернизации ГТС могут различаться темпами замены эксплуатируемого коммутационного оборудования, численностью МКД и МАК в IP-сети, а также другими атрибутами [10].

Они не влияют на методику поэтапного создания NGN. Она универсальна. Необходимо упомянуть еще одну проблему – выбор структуры сети IP и тех технологий, которые необходимы для поддержки показателей QoS. Не умаляя актуальности решения этих задач, следует отметить, что затраты оператора на создание сети IP существенно меньше тех инвестиций, которые потребуются для замены всех ПАТС и реализации современной сети доступа.

ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T. General overview of NGN. // Recommendation Y.2001. – Geneva, 2004.
2. ITU-T. General overview of the Global Information Infrastructure standards development. // Recommendation Y.100. – Geneva, 1998.
3. ITU-T. General principles and general reference model for Next Generation. // Networks Recommendation Y.2002. – Geneva, 2004.
4. Гойхман В.Ю., Васильев А.С. Диверсификация городских АТС. – Технологии и средства связи, спецвыпуск АТС 2004.
5. Л. Клейнрок. Теория массового обслуживания. – М.:Alvares Publishing, 1998. – с.65-69.
6. Пинчук А.В. Соколов Н.А. Модернизация ГТС без узлов. // Вестник связи, 2005, №12.

7. Пинчук А.В. Соколов Н.А. Модернизация ГТС с узлами входящего сообщения. // Вестник связи, 2006, №1.

8. Соколов Н.А. Семь аспектов развития сети доступа. // Технологии и средства связи, 2005, №3. – с.105-111.

9. Соколов Н.А. Эволюция местных телефонных сетей. – ТОО “Книга”, Пермь, 1998. – 198 с.

10. Соколов Н.А.. Выбор технологии коммутации для сетей следующего поколения. – <http://www.nicksokolov.ru>.

Түйіндеме

Мақалада ортақ пайдалануды қазіргі телефон желінің базасында NGN-шы келесі ұрпақтың желісінің дамытын сценарий қарап шыққан, бірыңғай жүйеге аудан телефон станцияларының біріктіруі жасалған. Қалалық телефон станциясының жаңғыртуының толық қатынастар коммуникациясының түйіндерісіз, жаңа желінің жасауы барлық кезеңдерінде көп сервистік абоненттік концентраторлар және рұқсаттың көп сервистік коммутаторларының енгізуі көрсетілген.

Resume

The article deals with calculations of required router working efficiency that uses access network traffic. It also analyses queuing delay and required bandwidth.

The introduced calculation allows estimating the demands of the NGN network access towards pass-through network. On the basis of the received results the expediency of NGN application can be judged accordingly.

УДК 621.395.52.001.28

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А.П. Кислов, А.С. Звонцов

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Все инфокоммуникационные технологии могут быть разделены на отдельные группы в соответствии с выбранными классификационными признаками.

Инфокоммуникационные технологии могут быть разделены на две основные группы: телекоммуникационные и информационные.

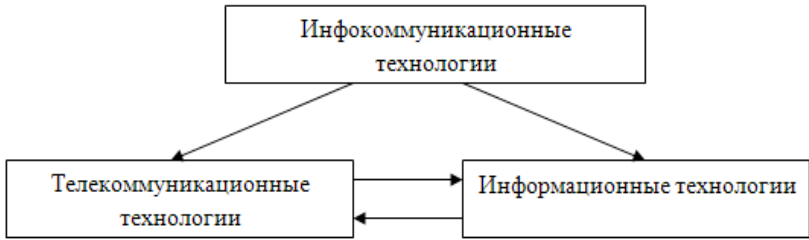


Рисунок 1 – Классификация инфокоммуникационных технологий

Современные телекоммуникационные технологии можно разделить на две основные группы – рисунок 2. Первая группа технологий используется в транспортных сетях. Вторая группа технологий предназначена для коммутируемых сетей [7-10]. Обе группы, в свою очередь, можно разделить на различные виды. Принципы такого разделения определяются классификационными признаками.

Для транспортной сети на рисунке 2 показана цепочка технологий, сменяющих друг друга в процессе эволюции инфокоммуникационной системы. Плезиохронные цифровые системы передачи, более известные по англоязычной аббревиатуре PDH, постепенно заменяются синхронными, входящими в семейство SDH. В последнее время некоторые транспортные сети стали строиться на технологиях, ориентированных на обмен пакетами [5]. Перспективой развития телекоммуникационной системы в целом считается концепция NGN [1].

Выделены две основные группы технологий, касающиеся методов распределения информации – коммутация каналов и коммутация пакетов.

Технологии автоматической коммутации каналов мигрировали от аналоговых к цифровым [3]. В настоящее время перспективными технологиями считаются те, которые будут удовлетворять требованиям NGN.

Технологии пакетной коммутации на рисунке 2 представлены тремя блоками, которые определяются видами используемых сетей –FR (Frame Relay), ATM (Asynchronous Transfer Mode), IP (Internet Protocol). Обычно эти технологии обозначаются аббревиатурой, в которой первые две буквы (Vo) означают «голос через» (Voice over).

Все три технологии постепенно меняются, что в значительной мере объясняется их миграцией в направлении NGN.

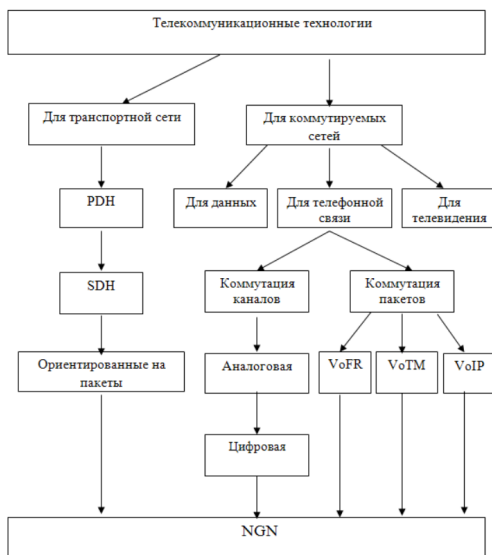


Рисунок 2 – Классификация телекоммуникационных технологий

Важным фактом в становлении и развитии телекоммуникационных систем явилось создание эталонной модели взаимодействия открытых систем, предложенной в США в 1978 г. [8].

Модель взаимодействия открытых систем [3,4] связана с формализацией ряда процессов технологической совместимости сетей, включая оборудование, терминалы, программное обеспечение.

Эта модель предусматривает выделение семи уровней, каждый из которых выполняет заранее определенные функции. Данная модель представлена на рисунке 3. Выполняемые функции не зависят от принципов построения сети и реализации оборудования. Они универсальны. Более того, модель OSI можно успешно использовать для анализа перспективных сетей связи, принципы построения которых только формируются.

В некоторых случаях удобно пользоваться моделями, которые содержат меньшее число уровней. Обычно авторами таких моделей заимствуется методологический подход, предложенный в свое время специалистами ISO и МСЭ [6].

Для описания модели взаимодействия открытых систем обычно используют три термина: процесс, протокол и интерфейс.

Под **процессом** обычно понимают совокупность операций, необходимых для обмена информацией. Например, можно использовать модель OSI для

анализа процессов обмена сигнальными сообщениями по ОКС и соединений в ТФОП [8,9].

Протоколом называют набор правил, которые определяют алгоритм обмена сообщениями между одноименными уровнями модели OSI. Формат сообщений, как правило, стандартизуется.

Интерфейс определяет основные параметры сопряжения между смежными уровнями. В эти параметры входит также перечень услуг, предоставляемых смежному уровню.

На физическом уровне осуществляется обмен сигналами через среду передачи. Для цифровой техники речь идет о передаче битов и байтов с заданными показателями. Среди этих показателей можно выделить *электрические* (амплитудно-частотная характеристика линии связи, ее входное сопротивление, отношение сигнал/шум), *функциональные* (скорость передачи, тип линейного кода) и *механические* (вид разъема, назначение его контактов) [4].

Канальный уровень некоторые специалисты называют уровнем звена передачи данных. Этот вариант перевода подчеркивает тот факт, что процесс передачи на втором уровне – в общем случае – является дуплексным. Основные задачи канального уровня заключаются в исправлении ошибок и в сопряжении сегментов сети, построенных на базе различных технологий. Некоторые технологии не предусматривают исправление ошибок на канальном уровне (в частности, Frame Relay) [3-5]. Тогда соответствующие функции на втором уровне не используются.

Сетевой уровень выполняет функции коммутации (включая маршрутизацию) и адресацию. Он отвечает за доставку информации через телекоммуникационную сеть. При этом, на канальном и физическом уровнях допускается использование различных видов оборудования.

Физический, канальный и сетевой уровни реализуются в оконечном и в транзитном оборудовании. Таким образом, сетевой уровень может считаться последним среди тех, которые применяются во всех технических средствах, участвующих в обслуживании трафика. Три нижних уровня иногда называют *связными* в отличие от четырех верхних, именуемых *сквозными*.

Слово сквозной – перевод с английского языка термина «end-to-end». Также название четыре верхних уровня получили из-за того, что они реализуются только в оконечном оборудовании.

Транспортный уровень обеспечивает минимизацию потерь и искажений сообщений. В некоторых случаях аналогичные функции выполняются на других уровнях. Модель OSI рассчитана на пять классов обслуживания, поддерживаемых транспортным уровнем. При выборе класса обслуживания учитываются многие факторы, среди которых следует выделить: требования к достоверности и срочности передаваемой информации, а также характеристики качества функционирования нижних уровней модели OSI.

Управление диалогом осуществляется на сеансовом уровне.

Этот уровень отвечает за установление и разъединение соединений. Он также выполняет функции мониторинга основных характеристик установленного соединения в течение сеанса связи.

Далеко не все приложения используют услуги, предоставляемые сеансовым уровнем [7].

Представительный уровень выполняет преобразования сообщений, которые не должны менять передаваемую информацию. К таким преобразованиям относятся синтаксические изменения в данных, их шифрование и им подобные. Процедуры этих преобразований должны быть согласованы между оконечным оборудованием.

Прикладной уровень размещается ближе всего к пользователю, обеспечивая ему поддержку процессов, лежащих за пределами модели OSI. Примерами таких прикладных процессов могут служить программы по обработке тестов, таблиц, банковских счетов [10].

Прикладной уровень идентифицирует и устанавливает доступность предполагаемых партнеров для связи, синхронизирует совместно работающие прикладные программы, а также устанавливает соглашение по процедурам исправления ошибок и управления целостностью передаваемой информации. Прикладной уровень также определяет достаточность ресурсов для сеанса связи.

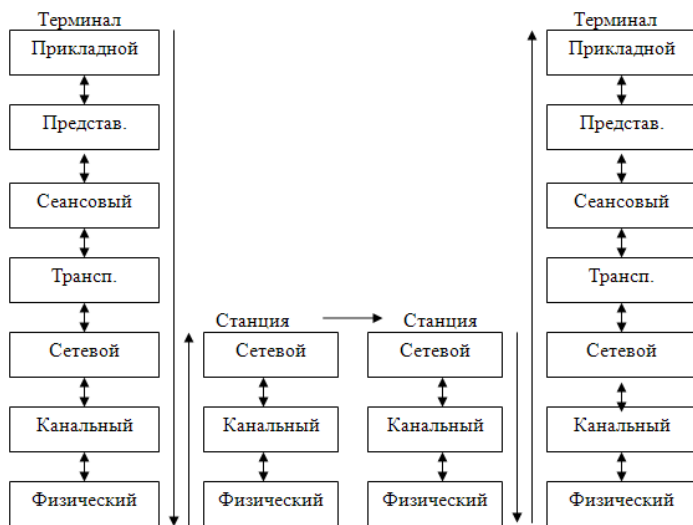


Рисунок 3 – Обмен данными между двумя терминалами через две коммутационные станции

Любой протокол модели OSI должен взаимодействовать либо с протоколами своего уровня [5], либо с протоколами на единицу выше и/или ниже своего уровня. Взаимодействия с протоколами своего уровня называются горизонтальными, а с уровнями на единицу выше или ниже – вертикальными. Любой протокол модели OSI может выполнять только функции своего уровня и не может выполнять функций другого уровня, что не выполняется в протоколах альтернативных моделей [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. ITU-T. General overview of NGN. // Recommendation Y.2001. – Geneva, 2004.
2. ITU-T. General overview of the Global Information Infrastructure standards development. // Recommendation Y.100. – Geneva, 1998.
3. ITU-T. General principles and general reference model for Next Generation. // Networks Recommendation Y.2002. – Geneva, 2004.
4. Гойхман В.Ю., Васильев А.С. Диверсификация городских АТС. – Технологии и средства связи, спецвыпуск АТС 2004.
5. Л.Клейнрок. Теория массового обслуживания. – М.:Alvares Publishing, 1998. – с.65-69.
6. Пинчук А.В. Соколов Н.А. Модернизация ГТС без узлов. // Вестник связи, 2005, №12.
7. Пинчук А.В. Соколов Н.А. Модернизация ГТС с узлами входящего сообщения. // Вестник связи, 2006, №1.
8. Соколов Н.А. Семь аспектов развития сети доступа. // Технологии и средства связи, 2005, №3. – с.105-111.
9. Соколов Н.А. Эволюция местных телефонных сетей. – ТОО “Книга”, Пермь, 1998. – 198 с.
10. Соколов Н.А. Выбор технологии коммутации для сетей следующего поколения. – <http://www.nicksokolov.ru>.

Түйіндеме

Мақалада жүйелердің қазіргі инфокоммуникациялары, олардың толық классификациясы және талдауды қысқаша келтірілген. Ашық жүйе, технологиялық үдерістері бар байланыс, терминалдармен және программаларды қамтамасыз етумен өзара әрекеттесуде эталон үлгісінің шолуы келтірілген.

Resume

The article gives a brief overview of modern information and communication systems, given their detailed classification and analysis. An overview of the standard Open Systems Interconnection, its relation to technological processes, terminals and software. The article does not contain a detailed characterization of individual information technolo-

gies, since this feature is beyond the scope of research technology of wire communication.

УДК 620.1

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КОРРОЗИИ И КОНТРОЛЬ ЗА ЕЕ ПРОТЕКАНИЕМ

**А.О. Кондратьев, А.Ж. Кабыкенов, С.Е. Балхиянов,
А.С. Утельбаев, А.И. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

1 Основы технологического контроля

Наиболее правильной оценкой водного режима на электростанциях являются данные о коррозии теплосилового оборудования, а также данные о наличии солевых отложений на поверхностях нагрева и в проточной части турбин. Сведения эти облегчают разработку мероприятий по улучшению водного режима в случае его нарушений. Поэтому важное значение имеет внутренний осмотр оборудования при его ремонтах, ревизиях, авариях и различных неполадках. Все аварии оборудования, возникающие из-за нарушений водного режима, должны быть расследованы и изучены с целью их предотвращения в дальнейшем.

В актах осмотра котлов должна быть дана оценка состояния внутренней поверхности барабанов котлов и кипяtilных труб в отношении накипи и коррозии; в частности, в них необходимо указать:

- 1) наличие отложений на поверхностях нагрева и их количество;
- 2) цвет и толщину отложений;
- 3) прочность сцепления отложений с поверхностью металла и их примерную твердость – способность к удалению ножом и зубилом;
- 4) способность отложений растворяться в 5%-ном растворе соляной кислоты;
- 5) состояние поверхности металла барабанов, кипяtilных и экранных труб: вид коррозии – равномерный или неравномерный; примерное количество язвин (если они имеются), приходящиеся на 1 м длины трубы или на выделенную площадь внутренней поверхности барабана котла; примерную глубину язвин.

Результаты контроля за коррозионной агрессивностью питательной и котловой воды необходимо отражать в специальных актах. Так как коррозионные процессы теплосилового оборудования обычно протекают

довольно медленно, а наблюдения за динамикой коррозии на электростанциях ведутся недостаточно систематично, время начала разъедания металла часто установить не удастся; факт коррозии металла устанавливается лишь после появления первых свищей. При этом почти всегда остается неясным, к какому периоду эксплуатации электростанции следует отнести развитие этих повреждений, т.е. происходит ли активная коррозия металла в настоящее время или разъедания возникли в предыдущие годы работы оборудования. Современное состояние науки о коррозии металлов еще не позволяет вычислить заранее интенсивность и особенно степень локализации разъедания металла на основе знания состава воды и ее температуры. Поэтому непосредственно экспериментальное определение интенсивности коррозии металла на различных участках пароводяного тракта электростанции имеет большое практическое значение.

При проведении коррозионных испытаний важно сделать правильный выбор способа выражения коррозии, или, иными словами, показателя коррозии. С этого фактически начинают любое коррозионное исследование, после того как определены его цели. Показатели коррозии могут быть качественными и количественными. Одним из качественных способов оценки коррозии является наблюдение внешнего вида исследуемого объекта. Наблюдения внешнего вида могут быть визуальными, макроскопическими и микроскопическими.

При визуальных наблюдениях устанавливается характер коррозионных поражений: какую часть общей площади занимают коррозионные разрушения и насколько равномерна глубина прокорродировавших участков. Фиксируется исходное состояние, после чего через определенные промежутки времени, в течение которых происходят заметные изменения, производят последующие наблюдения с записью изменений.

При макроскопических исследованиях изучают прокорродировавшие поверхности металла при сравнительно небольших увеличениях от 2 до 20. Макроисследование позволяет достаточно точно установить появление первых очагов коррозии и коррозионных трещин, начало выкрашивания и появление других разрушений. Макроисследование осуществляют с помощью разнообразных луп и бинокулярных микроскопов с небольшим увеличением.

При микроскопических исследованиях уточняют развитие коррозии металлов. Микроскопическое исследование позволяет прежде всего подробно изучать избирательный и локальный характер коррозии, межкристаллитную коррозию, межкристаллитное и внутрикристаллитное коррозионное растрескивание и коррозионную усталость. Для наблюдения коррозионного процесса под микроскопом поверхность образца обрабатывают шлифованием или подготовленную другим способом.

Преимущество микрокиноскопического исследования перед

микроскопическим заключается в том, что оно позволяет точно проследить кинетику весьма сложных явлений, таких, например, как диффузия водорода, пассивация, депассивация коррозионное растрескивание, и позволяет использовать преимущества убыстренной и замедленной съемки.

Методы с применением индикатора основаны на том, что с помощью определенных реактивов можно выяснить расположение анодных и катодных участков на поверхности корродирующего металла по образованию окрашенных соединений при взаимодействии этих реактивов с продуктами коррозии.

Таким реактивом при исследовании коррозии железа является ферроксииндикатор следующего состава, г

Вода, дм ³	1
Агар-агар	10
NaCl	10
K ₃ Fe(CN) ₆ ·2H ₂ O	1
Фенолфталеин	Несколько капель

Агар-агар вводится в раствор для того, чтобы последний имел гелеобразный характер, чем предупреждается расплывание окрашенных мест. При воздействии этого раствора на предварительно очищенную и обезжиренную поверхность железа анодные участки окрашиваются в голубой цвет (образуется берлинская лазурь). На катодных участках появляется розовое окрашивание, связанное с увеличением концентрации гидроксильных ионов.

Целью коррозионных количественных исследований является определение устойчивости металла к агрессивному действию различных сред, а также выяснение механизма и кинетики коррозионного процесса. С помощью коррозионных исследований можно установить эффективность различных методов защиты металлов от коррозии. В большинстве случаев исследования проводят ускоренно, т.е. при усиленном воздействии отдельных факторов: температуры, концентрации солей и движения или перемешивания среды и т.д. Одними из наиболее важных и точных методов лабораторных коррозионных исследований являются электрохимические. Чаще всего исследуются изменение потенциала металла в определенной коррозионной среде в зависимости от времени. Наиболее полную картину коррозионного процесса дают так называемые поляризационные кривые, по которым судят о поляризуемости данного металла, о роли катодных и анодных реакций и влиянии внутренних и внешних факторов на коррозионный процесс. Особенно важное место занимают поляризационные измерения при исследовании пассивирующихся систем.

К группе специальных лабораторных методов коррозионных исследований относят испытания, в результате которых устанавливают влияние механических нагрузок, давления, температуры, скорости потока и др. К этой же группе относятся исследования межкристаллитной и

транскристаллитной коррозии, коррозии под напряжением, коррозионной усталости, питтинговой коррозии и др. Основным показателем скорости коррозионного разрушения, как при местной, так и при равномерной коррозии является глубина коррозионного разрушения, которая измеряется в миллиметрах в год независимо от вида металла или сплава. Для проведения лабораторных испытаний на коррозионную стойкость металла в рабочей среде используют плоские или круглые образцы. Образцы маркируют, поверхность образцов шлифуют. Перед испытанием образцы обезжиривают одним из растворителей: этиловым спиртом, ацетоном, бензином, дихлорэтаном, эфиром. Обезжиривание можно провести и мылом с водой.

Испытания металла на склонность к межкристаллитной коррозии. Методы определения межкристаллитной коррозии путем оценки эффективности различных сред для испытаний или путем оценки эффективности методов фиксации степени поражения металла хромоникелевым сталям аустенитного и аустенитно-ферритного класса. Одним из распространенных для испытания на склонность нержавеющей сталей к межкристаллитной коррозии является раствор серной кислоты и медного купороса, в котором образцы кипятят. Растворению в нем подвергаются преимущественно границы между зернами, в то время как тело зерен сохраняет относительную пассивность. Это связано с тем, что кристаллы твердого раствора Fe-Cr-Ni являются катодами по отношению к границам между ними. Деполяризация идет за счет выделения меди и водорода.

Можно проводить испытания в других средах, например в 65 %-ном растворе азотной кислоты.

Электрохимическое определение скорости коррозии металла по поляризационным кривым при известной зависимости скорости катодной и анодной реакций от потенциала, определяется путем графического построения. Для того чтобы установить зависимость между потенциалом и скоростью электродных реакций, плотность внешнего тока должна быть значительно выше плотности коррозионного тока.

При изучении коррозионных процессов в большинстве случаев имеют дело с необратимыми электродными потенциалами. Важно знать стационарные, установившиеся и во времени незначительно изменяющиеся значения потенциала, так как именно они и характеризуют в течение длительного времени процессы коррозии. Эти значения потенциала позволяют оценить характер катодных реакций и, в частности, установить возможность протекания процессов кислородной или водородной деполяризации. Наиболее простым и распространенным методом измерения электродных потенциалов является компенсационный метод. Компенсационный метод характерен тем, что измерение электродвижущих сил элементов может быть произведено в условиях, когда ток через них не проходит.

ВВЕДЕНИЕ
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ
2. МАТЕРИАЛЫ
3. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ
6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Определение скорости коррозии металла по потере в весе ($K_{\text{л}}$). Метод простой, т.к. он является прямым, т.е. непосредственно выражает количество металла, разрушенного коррозией. Данный метод не применим лишь при резко выраженной избирательной коррозии.

$$K_{\text{л}} = P_0 - P_{\text{п}} / F \cdot \tau \quad (1)$$

где P_0 – вес металла в исходном состоянии, г.;

$P_{\text{п}}$ – вес металла после коррозии, г.;

F – единица исследуемой поверхности, м²;

τ – единица времени, час.

Большое практическое значение имеет экспериментальное определение скорости кислородной коррозии на различных участках пароводяного тракта и в экономайзерной части котла. В этих случаях используются индикаторы коррозии, представляющие собой набор круглых контрольных пластинок, насаженных на общий стержень и помещенных в трубопровод или коллектор действующего оборудования. Скорость равномерной коррозии, измеренную с помощью контрольных пластинок, можно считать несколько завышенной, а максимальную скорость язвенной коррозии – несколько заниженной по сравнению с их реальными значениями. Однако практически эти расхождения невелики и результаты, полученные на пластинках, в основном соответствуют интенсивности и характеру коррозии металла, работающего в отсутствие большого теплового потока. Контрольные пластинки представляют собой круглые диски диаметром 60 и толщиной 2 мм с отверстием в центре, изготовленные из того же металла, что и контролируемое оборудование. Поверхность пластинок шлифуют, промывают раствором щелочи, спиртом или эфиром. Перед установкой на место высушенные и выдержанные в течение суток в эксикаторе пластинки взвешивают с точностью до четвертого знака после запятой. Срок испытания не должен быть менее 5-6 мес., обычно он составляет 1-2 года. После извлечения корродированных пластинок из трубопровода с них струей воды удаляют продукты коррозии при одновременном протирании поверхности образца мягкой резинкой. Если окислы таким способом полностью не удаляются, то пластинки погружают на 10 минут в 5%-ный раствор соляной кислоты с добавкой уротропина (3 г/л), имеющий комнатную температуру, и вновь промывают водой для удаления размягченных отложений. Обычно двух-, трехкратного повторения этой операции бывает достаточно для полного удаления продуктов коррозии. Очищенные от окислов пластинки промывают спиртом или эфиром, сушат и после выдержки в эксикаторе вновь взвешивают на аналитических весах для определения потери металла. Среднее значение скорости равномерной коррозии металла вычисляют по формуле

$$K = \frac{(q_1 - q_2)10000}{S \cdot \tau}, \quad (2)$$

где K – скорость коррозии, г/(м²*час);

q_1 – масса пластинки до опыта, г.;

q_2 – масса пластинки после удаления окислов, г.;

S – общая поверхность пластинки, см²;

τ – длительность испытания, час.

По потерям массы можно оценивать коррозионную устойчивость металла в балах, предполагая, что металл разрушается равномерно. Среднее значение глубины коррозионного проникновения V_k можно вычислить с помощью скорости коррозии K_n

$$V_k n = 8,76 \cdot K_n / \gamma, \quad (3)$$

где K_n – скорость коррозии (г/м²*час);

γ – удельная масса, г/см³;

8,76 – переводной коэффициент.

Точность измерения коррозии при использовании такого показателя, как потеря в весе, во многом зависит от качества удаления продуктов коррозии с исследуемой поверхности.

Определение скорости не только общей, но и локальной коррозии, наблюдаемой при эксплуатации энергооборудования современных электростанций, требует применения точных и быстрых методов их оценки. При этом приобретает важное значение определение указанных видов коррозии в любой момент, т.е. получение кинетической характеристики процессов. Описанные выше дисковые индикаторы коррозии позволяют определять только потери массы металла с единицы поверхности, что наиболее полно характеризует равномерную коррозию. Однако в большинстве случаев локальная коррозия сопровождается относительно малыми потерями металла, небольшой площадью коррозионных разрушений и сравнительно высокой скоростью ее проникновения в глубину. Оценка локального коррозионного разрушения только по потерям металла не дает действительной картины процесса. Метод оценки скорости и интенсивности коррозии по изменению электросопротивления проволочных образцов, приведенных в контакт со средой, является наиболее точным.

При протекании процессов коррозии потери металла с поверхности вызывают уменьшение поперечного сечения образца и пропорциональное возрастание его электросопротивления, по приросту которого и можно судить

о размере коррозии. Метод измерения скорости коррозии по изменению электросопротивления образцов основан на том, что продукты коррозии имеют электропроводность на несколько порядков меньшую, чем металл, и, следовательно, любой процесс ионизации и выхода иона в раствор будет вызывать возрастание электросопротивления исследуемого образца.

В качестве испытуемых образцов используется стальная проволока диаметром 0,5 мм, по химическому составу соответствующая стали марки Ст. 3. Химический состав проволочных образцов следующий, %: С=0,10; Мn=0,3; Si=0,15; S=0,02; P=0,02; Cr=0,25.

Измерение электросопротивления производится с помощью моста постоянного тока типа МТВ с нуль-гальванометром типа ГЭП-47 с точностью 0,0001 Ом при начальном сопротивлении образца $R=1$ Ом. Измерение электросопротивления проволочного образца, помещенного в коррозионную среду, осложняется колебанием электросопротивления с изменением температуры. С целью исключения влияния температуры используется конструкция индикатора коррозии, состоящая из двух расположенных параллельно на небольшом расстоянии, одинаковых по длине и диаметру, проволочных образцов, условно названных рабочим и эталонным. Рабочее плечо подвергается воздействию коррозионной среды, а эталонное покрывается защитным слоем лака. Лак, используемый для этой цели, не должен быть электропроводным или включать в себе электропроводные компоненты, например алюминиевую пудру, так как они будут искажать электросопротивление эталонного образца. Для этой цели следует использовать эмаль ВЛ-515 и лак ФЛ-723, показавшие в условиях испытаний хорошие защитные свойства.

При помощи индикатора подобной конструкции измеряется соотношение электросопротивлений рабочего и эталонного образцов, характеризующее размер коррозии, а так как оба они находятся при одинаковой, хотя и изменяющейся температуре, соотношение электросопротивлений очень мало зависит от температуры.

Индикатор коррозии представляет собой два плеча: рабочее и эталонное. Конструкция и размеры индикатора позволяют устанавливать его в трубопроводах диаметром не менее 40 мм, причем измерение электросопротивления, а следовательно, и коррозии может проводиться непрерывно. На основании получаемого прироста электросопротивления образца может быть вычислена скорость равномерной коррозии по формуле

$$K = 250\rho d_0 \left[\frac{\Delta R / R_0}{\left(\frac{1 + \Delta R / R_0}{\tau} \right)} \right], \quad (4)$$

где K – скорость коррозии, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{час})$;

ρ – плотность металла, $\text{г}/\text{см}^3$;

d_0 – начальный диаметр проволочного образца, мм;

τ – продолжительность испытания, час;

$\Delta R/R_0$ – относительный прирост электросопротивления образца, Ом.

В случае протекания локальной коррозии на основании измерения относительного прироста электросопротивления образца $\Delta R/R_0$ и относительных потерь металла образца в результате коррозии $\Delta P/P_0$ могут быть оценены локальность РК и средняя скорость проникновения коррозионного поражения в отдельных очагах П по формулам

$$PK = \frac{\frac{\Delta R}{R_0} \cdot \frac{\Delta P}{P_0}}{\frac{\Delta R}{R_0} - \frac{\Delta P}{P_0}} \cdot 100, \quad (5)$$

$$П = \frac{4380 d_0}{\tau} \left(1 - \sqrt{\frac{\frac{\Delta P}{P_0}}{\frac{\Delta R}{R_0}}} \right), \quad (6)$$

где РК – локальность коррозии, %;

П – средняя скорость проникновения коррозионного поражения в отдельных очагах, мм/год;

$\Delta R/R_0$ – относительный прирост электросопротивления образца, Ом;

$\Delta P/P_0$ – относительных потери металла образца, г.;

d_0 – начальный диаметр проволочного образца, мм;

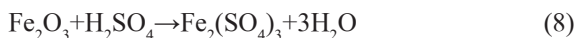
τ – продолжительность испытания, год.

При снятии характеристики коррозионного процесса в среде, вызывающей локальную коррозию, наряду с постоянным измерением прироста сопротивления требуется в конце опытов определить потери массы образцов. Только на основании этих показателей можно определить величины РК и П. Учитывая трудности удаления с поверхности проволочных образцов окислов металла, которые могут вызывать существенную погрешность в расчетах скорости коррозии (особенно при малых потерях металла и значительной локализации процесса), предложено производить оценку потерь по измерению объема водорода, выделившегося при растворении металла в кислоте. Для этой цели применена бюретка специальной конструкции.

Сущность и последовательность измерения заключаются в следующем. Бюретки объемом около 130 мл полностью заливают 20 %-ным раствором серной кислоты путем подъема сосуда с кислотой и открывания обоих кранов. Затем в бюретку через отверстие в пробке верхнего краника опускают отрезок исследуемого проволочного образца, подлежащий растворению. Перекрывают верхний краник, а нижний, соединенный с сосудом для кислоты, открывают. По мере выделения газообразного водорода через нижний краник сливается часть кислоты. Объем выделившегося водорода будет строго эквивалентен количеству растворенного металла согласно уравнению



Окислы металла, находящиеся на поверхности и заполняющие коррозионные язвы, растворяются в кислоте без выделения водорода по реакции



По объему водорода можно подсчитать потери массы металла

$$P = 2,5 \cdot V \cdot 10^{-3}, \quad (9)$$

где V-объем водорода, приведенный к нормальным условиям, см³;

P – потеря массы стали, г.

Метод проверки защитных свойств оксидной пленки.

Сущность метода заключается в нанесении на поверхность оборудования капли реагентов, определение промежутка времени, через который происходит изменение цвета капли, что характеризует степень стойкости, защитной пленки.

Растворы и материалы:

Реактив, приготовленный из смеси растворов 20 см³ × 0,5M - CuSO₄ × 5 H₂O; 10 см³ — 10 % NaCl; 2 см³ × 0.1 M — H₂SO₃. Кружок, вырезанный из фильтровальной бумаги, пропитанный парафином диаметром 7—8 мм с отверстием 4—5 мм.

Проведение анализа:

Образец слегка подогревают, кружок накладывают на испытываемую поверхность, легко прижимают его ножом или шпателем, чтобы он прилип к образцу. Затем каплю раствора наносят через отверстие на образец. Следя чтобы капля не растекалась по поверхности образца. Разрушителями пленки в реактиве являются хлориды и сульфаты. Катодным индикатором служат ионы двухвалентной меди, измеряющие окраску капли от сине-голубого до красноватого, желто-зеленого цвета. С началом коррозионного процесса изменяется цвет капли.

Время с момента нанесения капли до полного изменения цвета капли характеризует коррозионную устойчивость защитных пленок.

Шкала устойчивости:

5 мин - высшая;

2 - 5 мин – нормальная;

1 - 2 мин - пониженная;

менее 1 мин - низшая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К.. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. - Павлодар, 2011. – С.726.
2. Акользин П.А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. – М.: Энергоиздат, 1982. – С.302.

Түйіндеме

Мақалада коррозия процестерінің қазіргі әдістерін қарастырылған.

Resume

In the article the existing methods of corrosion processes are considered.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ И СПОСОБЫ ЕЁ СНИЖЕНИЯ

И.С. Копотун, В.Ф. Говорун

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Электрическая энергия, поступаемая на электроприемники электрических систем и поставляемая энергоснабжающими предприятиями нашей промышленной области потребителям по договорам, выступает как товар особого вида, характеризующийся совпадением во времени процессов производства, транспортирования и потребления, а также невозможностью его хранения и возврата. Соответственно, как к товару любого вида, к электроэнергии применимо такое понятие как «качество».

Одним из основных режимных параметров определяющих качество электроэнергии является несимметрия напряжений в трехфазных сетях, приводящая к дополнительным негативным последствиям работы

электрической сети, как отклонение напряжения на зажимах потребителей, увеличение потерь, ухудшение условий работы электрооборудования и т. д.

При этом необходимо исходить из того, что электрификация базируется на трех совершенно неразрывных самостоятельных процессах – производство, передача и потребление энергии. Ни один из этих процессов не может быть реализован без двух других. Естественно, что любой из нормируемых показателей качества представляет интерес на всех этапах преобразования электроэнергии. Вопросы соответствия показателей качества электроэнергии установленным нормам практически в равной степени затрагивают интересы и производителя и потребителя электроэнергии.

Изучение сетей потребительской шины 10-0,4 кВ свидетельствует о том, что вследствие значительного удельного веса однофазной нагрузки в сетях постоянно имеет место значительная несимметрия токов и напряжений. В реальных условиях эксплуатации несимметричный режим является обычным режимом сетей 10-0,4 кВ. Несимметрия проявляется в резком ухудшении технико-экономических характеристик элементов сети (многократно увеличенные потери электроэнергии, повышенный нагрев элементов сети и др.), снижение эксплуатационной надежности, сокращение срока службы электрооборудования и другие отрицательные явления. Добавочные потери в линиях 10-0,4 кВ, распределительных и потребительских трансформаторах только из-за неравномерной нагрузки фаз составляют около 4% от всей потребленной электроэнергии. Примерно такое же количество электроэнергии дополнительно теряется в асинхронных электродвигателях из-за работы последних в сетях 0,4 кВ с постоянно несимметричной системой напряжений [1]. Кроме того, нарушается работа устройств автоматической синхронизации. Присутствующая в сети несимметрия напряжений в некоторых случаях не позволяет произвести запуск генераторов на параллельную работу с сетью. Также нарушается работа различного рода трехфазных полупроводниковых регуляторов и преобразователей. Несимметрия напряжений, помимо нарушения синхронизации схем управления этих устройств, вызывает еще и искажение их выходных параметров.

Нормируемые показатели по несимметрии трехфазной системы напряжений:

- коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности;
- коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности.

Причины выхода показателей за пределы норм состоят в использовании различных несимметричных или однофазных ЭП, таких, как:

- дуговые сталеплавильные печи;
- тяговые нагрузки железных дорог на переменном токе;
- электросварочные агрегаты;
- осветительные установки;
- однофазная коммунально-бытовая нагрузка.

Влияние на работу различных ЭП проявляется следующим образом.

Несимметричные токи нагрузки, протекающие по элементам системы электроснабжения, вызывают в них несимметричные падения напряжения. Вследствие этого на выводах ЭП появляется несимметричная система напряжений. Отклонения напряжения у ЭП перегруженной фазы могут превысить допустимые значения. Кроме ухудшения режима напряжения у ЭП, при несимметричном режиме существенно ухудшаются условия работы как самих ЭП, так и всех элементов сети, что ведет к снижению надежности работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом.

Качественно отличается действие несимметричного режима от симметричного у таких распространенных трехфазных ЭП, как асинхронные двигатели (АД). Сопротивление обратной последовательности АД примерно в 5 раз меньше сопротивления прямой последовательности. Поэтому даже небольшая несимметрия напряжений вызывает значительные токи обратной последовательности, что ведет к дополнительному нагреву статора и ротора. Все это в итоге приводит к ускоренному старению изоляции и уменьшению располагаемой мощности двигателя.

При несимметрии напряжений сети в синхронных машинах наряду с возникновением дополнительных потерь активной мощности и нагревом статора и ротора могут возникнуть опасные вибрации в результате появления знакопеременных вращающихся моментов и тангенциальных сил, пульсирующих с двойной частотой сети.

В случае наличия токов обратной и нулевой последовательности увеличиваются суммарные токи в отдельных элементах сети, что приводит к увеличению суммарных потерь мощности (энергии) и может быть недопустимо с точки зрения нагрева.

Отметим, что значительные токи нулевой последовательности, протекающие через нулевой проводник недостаточного сечения, могут вызвать его сильный нагрев. Зафиксирован ряд случаев возникновения пожаров в зданиях из-за перегрева нулевых проводников, сечение которых составляло 25 или 50 % фазного провода.

При постоянном протекании токов нулевой последовательности через заземлители последние высушиваются, а их сопротивление увеличивается. Это отрицательно воздействует на работу систем релейной защиты и железнодорожной блокировки, что может привести к очень тяжелым последствиям. Несимметрия напряжений значительно ухудшает режимы работы многофазных вентильных выпрямителей из-за значительного увеличения пульсации выпрямленного напряжения, ухудшаются условия работы систем импульсно-фазового управления тиристорных преобразователей.

Конденсаторные установки при несимметрии напряжений неравномерно загружаются реактивной мощностью по фазам, что делает невозможным полное

использование их установленной мощности. Кроме того, конденсаторные установки в этом случае усиливают уже существующую несимметрию, так как выдача реактивной мощности в сеть в фазе с наименьшим напряжением будет меньше, чем в остальных фазах.

Снижение несимметрии напряжения достигается либо уменьшением сопротивления сети токам обратной и нулевой последовательности, либо снижением уровней этих токов. Учитывая, что сопротивления внешней сети одинаковы для токов прямой и обратной последовательности, снизить эти сопротивления возможно лишь путем подключения мощной однофазной нагрузки через отдельный трансформатор на шины с большой мощностью. Снижение систематической несимметрии в сетях низкого напряжения осуществляется рациональным распределением однофазных нагрузок между фазами с таким расчетом, чтобы сопротивления этих нагрузок были равны между собой.

Если несимметрия напряжения не может быть снижена путем схемных решений, то применяют симметрирующие устройства (СУ). В качестве таких устройств применяют несимметрично включенные конденсаторные батареи.

Для снижения несимметрии, которая является результатом случайных процессов, применяются автоматические СУ, которые состоят из конденсаторов и реакторов, собранных в параллельные группы и подключаемых в зависимости от изменения тока или напряжения обратной последовательности.

Разработан ряд СУ на базе трансформаторов, например, трансформаторов с вращающимся магнитным полем, представляющих собой несимметричную нагрузку или позволяющих осуществлять пофазное регулирование напряжения, что может являться одним из оптимальных способов для снижения влияния несимметрии напряжения на работу электроприемников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Утегулов Б.Б., Косогоров А.П., Падруль Н.М. Эксплуатация электроэнергетических систем. - «Эко», 2010.
2. Утегулов Б.Б., Говорун В.Ф., Говорун О.В., Юсупова А.О. Специальные вопросы математических задач электроэнергетики. - «Эко», 2006.
3. Утегулов Б.Б., Говорун В.Ф., Говорун О.В. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических систем. - «Эко», 2006.

Түіндеме

Бұл жұмыста электр жүйелеріндегі электрқабылдағыштардың жұмысына кернеуді несимметрияның қазіргі әдістер және ықпалдың төмендеуінің техникалық құралдарының ерекшелігіне зерттеу жүргізіледі.

Resume

In the work the research of specificity of the existing ways and means of decrease of influence of the of pressure asymetry on the work of electric systems is conducted.

УДК 620.193.4

КИСЛОРОДНАЯ КОРРОЗИЯ

**Е.В. Кочтова, Д.Ж. Текжанова, Л.Н. Карпенко,
Н.Н. Карпенко, С.А. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Коррозия — это самопроизвольное разрушение [металлов](#) в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. В общем случае это разрушение любого материала, будь то [металл](#) или [керамика](#), [дерево](#) или [полимер](#). Причиной коррозии служит термодинамическая неустойчивость [конструкционных материалов](#) к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде.

Коррозия железа в воде с нейтральной или близкой к нейтральной средой, содержащей растворенный кислород, идет преимущественно с кислородной деполяризацией. В водопроводной воде только лишь около 3% железа корродирует с водородной деполяризацией, а остальная часть — с кислородной.

Анодными участками являются зерна феррита, катодными — всевозможные включения в структуру металла, окалина и ржавчина на поверхности металла, потенциал которых значительно выше потенциала железа. На аноде происходит растворение металла, например железа, по реакции:



На катоде идет деполяризация электронов молекулами кислорода:



В процессе отвода электронов от катодного участка (процесса деполяризации) создаются предпосылки для развития коррозии, так как деполяризация катодного участка позволяет поддерживать разность потенциалов между катодом и анодом, уменьшается и может упасть до нулевых значений, при которых процесс коррозии прекращается.

На анодном участке накапливаются продукты коррозии – ионы Fe^{2+} , на катодном участке – ионы OH^- . Там, где встречаются продукты катодной и анодной реакций, образуется гидрат закиси корродирующего металла:



Образование осадка $\text{Fe}(\text{OH})_2$ при работе макропар обычно происходит в толще раствора, но в случае работы микропар можно ожидать образования гидроксида металла на корродирующей поверхности.

Пример — кислородная коррозия железа в воде:



Гидратированный оксид железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ и является тем, что называют ржавчиной.

На поверхности металла в условиях эксплуатации при работе и останове оборудования в период контакта кислорода с водной средой возникает множество анодных и катодных участков, создающих условия для протекания коррозионных процессов. Скорость коррозии железа в воде, не содержащей растворенный кислород, практически ничтожна.

Железо с кислородом образует оксиды FeO , Fe_3O_4 и Fe_2O_3 . Вюстит ниже $560\text{--}570^\circ\text{C}$ распадается на Fe и Fe_3O_4 . В структуре вюстита есть вакансии ионов Fe^{2+} , концентрация которых возрастает с ростом PO_2 , образование вакансий связано с наличием в решетке FeO ионов Fe^{3+} , магнетит Fe_3O_4 имеет структуру шпинели. Гематит Fe_2O_3 .

В присутствии достаточного количества кислорода коррозия железа протекает с кислородной деполаризацией с образованием окиси трехвалентного железа, а при ограниченном доступе кислорода образуется смесь, содержащая окиси двух- и трехвалентного железа. Скорость коррозии пропорциональна концентрации растворенного в соответствующей среде кислорода. Один литр насыщенного воздухом воды может вызвать коррозию 1 см^2 поверхности железа на глубину $0,022 \text{ мм}$ в случае образования окиси трехвалентного железа и на большую глубину при образовании смеси, состоящей из окиси двух- и трехвалентного железа.

Коррозия в присутствии кислорода – основной вид разрушения оборудования водоподготовки и теплосети. Она наблюдается и при их эксплуатации, и при простаивании.

Между концентрацией кислорода в неактивирующей водной среде при содержании его до 4 мг/дм^3 проявляется его пассивирующее действие. Наступление пассивного состояния металла характеризуется резким уменьшением скорости коррозии

и значительным смещением потенциала металла в положительную сторону – для железа от 0,2-0,3 до 0,5-2,5 В.

Установлено, что коррозионный процесс в чистом конденсате при 20-60°C практически не сопровождается выделением водорода. Значительное выделение его наблюдается только при 80°C, однако повышение pH до 9,0 резко уменьшает скорость процесса при этой сравнительно высокой температуре. При концентрации O_2 около 90 мг/дм³ водородная деполяризация существенна только при 40°C и выше.

Кислород выполняет двойственную роль в процессах коррозии металлов. С одной стороны, он служит мощным деполяризатором катодных участков коррозионных элементов и тем самым ускоряет протекание коррозии при условии, если катодный процесс является контролирующим фактором. С другой стороны, кислород, окисляя металл, повышает стабильность защитных пленок и, следовательно, может снижать скорость коррозии в обессоленной воде высокой чистоты. Чем выше концентрация кислорода в растворе, тем больше возможность образования прочных защитных пленок на поверхности стали и увеличения стационарного потенциала. Вследствие этого участки металла, получающие больше кислорода, выполняют роль катода по отношению к участкам поверхности металла, которые омываются водой с малой концентрацией кислорода, и возникает так называемая макропара неравномерной аэрации, вызывающая дополнительное разрушение металла. В данном случае разрушению подвергается часть поверхности, которая получает меньше кислорода и, следовательно, выполняет роль анода.

На поверхности стали появляются язвы, которые характерны для кислородной коррозии в условиях работы теплоэнергетического оборудования. Здесь роль анодов выполняют язвы, где и сосредоточивается коррозионное разрушение. В результате в отдельных точках поверхности происходит быстрое проникновение коррозии в глубь металла, даже при умеренных его весовых потерях.

В кислых средах пленки из окислов железа нестойкие, а поэтому их защитная роль с понижением значения pH уменьшается. В щелочных же растворах теоретически при $pH > 9,8$, даже при большой концентрации кислорода, коррозионный процесс может прекратиться полностью.

При низких концентрациях весь молекулярный кислород восстанавливается на металлической поверхности и действует как простой деполяризатор. При увеличении содержания кислорода в воде закрытой системы в присутствии депассиваторов скорость коррозии стали увеличивается пропорционально его концентрации.

В некоторых случаях растворенный кислород благоприятствует замедлению коррозионного процесса. Усиленный доступ кислорода уменьшает скорость коррозии железа в растворе фосфата натрия вследствие образования фосфатного

покрытия, а также в 0,1н. растворе хлорида натрия при относительно высоких скоростях движения раствора в результате пассивирования.

Растворы нитритов, нитратов, солей железа и меди, перекиси водорода и других окислителей действуют как деполяризаторы и стимулируют коррозию.

Способность сплава пассивироваться под действием кислорода или других окислителей зависит от его состава. С увеличением содержания хрома в сплаве железо-хром потенциал, при котором металл переходит в пассивное состояние, смещается в отрицательную сторону, что приводит к расширению пассивной области. С ростом концентрации хрома скорость растворения сплава в пассивной области уменьшается.

Кислород, растворенный в электролите, может оказывать существенное влияние на скорость коррозии аустенитной нержавеющей стали. Следует, однако, отметить, что кинетика анодного процесса стали 1X18H9T в нейтральной, кислой и щелочной средах, а также в растворах хлоридов не зависит от наличия или отсутствия кислорода в электролите. Так, исследование кинетики анодного процесса стали 1X18H9T показало, что в растворах 1,0н. сульфата натрия, 0,15н. соляной кислоты, 1,0н. гидроокиси натрия анодная поляризационная кривая не изменяется при деаэрации среды и уменьшении концентрации кислорода ниже 0,02мг/дм³. Уменьшение концентрации кислорода с 10 до 0,02мг/дм³ не изменяет скорости растворения металла ни в пассивном, ни в активном состоянии, ни в области перепассивации. Аналогичные результаты получены при температуре 300⁰С. Способность стали пассивироваться в деаэрированных средах позволяет полагать, что наличие кислорода, растворенного в электролите, необходимо для наступления пассивации.

При повышении pH до 9,6 скорость коррозии при отсутствии кислорода практически равна нулю. Растворение железа в воде, при pH<9,6 продолжается до достижения концентрации оксидов железа в растворе, соответствующей пределу насыщения. При этом значение pH возрастает за счет перехода железа в раствор. Двухвалентное железо в растворе окисляется кислородом воздуха:



при этом pH среды снижается, стимулируя дальнейшее развитие процесса коррозии.

С ростом концентрации солей растворимость кислорода падает, а так как коррозия большинства металлов, в частности железа, идет в растворах с кислородной деполяризацией, скорость кислородной коррозии, в этом случае при прочих равных условиях значительно уменьшается.

Согласно адсорбционной теории образования защитной пленки, адсорбция кислорода на поверхности металла может первой стадией образования окислов. Абсолютное количество адсорбированного кислорода

на металлах невелико, ибо поверхность компактного металла относительно мала. Большинство металлов способно образовывать окислы и не всегда можно отличить хемисорбированный слой кислорода от тонкого слоя окисла. Правдоподобно предположение о том, что даже при низкой температуре образуется, особенно на химически активных металлах, слой хемисорбированного кислорода, состоящего из атомов, завязавших связи химического типа с поверхностью металла. Это и есть начальная стадия образования слоя окисла. Но низкая температура должна сильно замедлять процесс образования слоя окисла; поэтому поверх слоев хемисорбированных атомов кислорода может физически адсорбироваться кислород молекулярный.

Пока имеется только монослой кислорода, нельзя говорить об окисле как о новой фазе на поверхности металла. Такая фаза будет сформирована лишь в том случае, если взаимное расположение анионов O^{2-} и катионов металла будет отвечать расположению их в нормальной или несколько искаженной кристаллической решетке окисла. Для этого толщина окисного слоя должна быть не менее одного элемента решетки окисла.

Переход от хемисорбированного слоя кислорода к окислу требует известной подвижности катионов металла и анионов O^{2-} . Поэтому образование окисла происходит быстрее при повышенной температуре. Широко распространено мнение, что если существует кристаллохимическое соответствие между решетками металла и окисла, т.е. если тип решетки их одинаков, а расстояния между ионами металла в окисле и в решетке металла близки, то окисел образуется легче.

В условиях эксплуатации **кислородная коррозия** наблюдается в экономайзерах, арматуре, питательных и опускных трубах, пароводяных коллекторах и внутриколлекторных устройствах (щитах, трубах, пароохладителях и т.п.). Особенно сильно подвержены кислородной коррозии змеевики второго контура двухконтурных котлов, утилизационных котлов и паровых воздухоподогревателей. Кислородная коррозия протекает во время работы котлов и зависит от концентрации кислорода, растворенного в котловой воде.

Более опасной разновидностью кислородной коррозии является **стояночная коррозия**, протекающая в период простоя котла. В силу специфики работы все судовые котлы (а вспомогательные особенно) подвержены интенсивной стояночной коррозии. Как правило, стояночная коррозия не приводит к отказам котла, однако металл, подвергшийся коррозии во время остановок, при прочих равных условиях более интенсивно разрушается при работе котла.

Основной причиной возникновения стояночной коррозии является попадание кислорода в воду, если котел заполнен, или в пленку влаги на поверхности металла, если котел осушен. Большую роль при этом играют хлориды и $NaOH$, содержащиеся в воде, и водорастворимые отложения солей.

При наличии в воде хлоридов интенсифицируется равномерная коррозия металла, а если в ней содержится незначительное количество щелочей (меньше

100 мг/л), то коррозия локализуется. Чтобы избежать стояночной коррозии при температуре 20 - 25 °С в воде должно содержаться до 200 мг/л NaOH.

Внешние признаки коррозии с участием кислорода: локальные язвы небольшого размера (рис. 1, а), заполненные продуктами коррозии бурого цвета, которые образуют бугорки над язвами.

Удаление кислорода из питательной воды является одним из важных мероприятий по снижению кислородной коррозии. С 1986 г. содержание кислорода в питательной воде для судовых вспомогательных и утилизационных котлов ограничивается 0,1 мг/л.

Однако и при таком кислородсодержании питательной воды в эксплуатации наблюдаются коррозионные повреждения элементов котла, что свидетельствует о преобладающем влиянии процессов разрушения оксидной пленки и вымывании продуктов реакции из очагов коррозии. Наиболее наглядным примером, иллюстрирующим влияние этих процессов на коррозионные повреждения, являются разрушения змеевиков утилизационных котлов с принудительной циркуляцией.

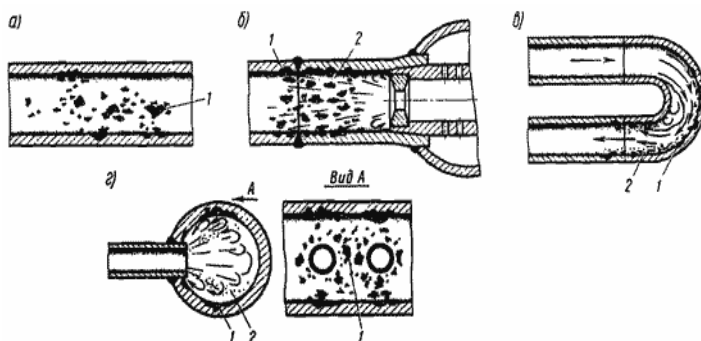


Рисунок 1- Повреждения при кислородной коррозии

Коррозионные повреждения при кислородной коррозии обычно строго локализованы: на внутренней поверхности входных участков (см. рис. 1, а), в районе сгибов (рис. 1, б), на выходных участках и в колене змеевика (см. рис. 1, в), а также в пароводяных коллекторах утилизационных котлов (см. рис. 1, г). Именно на этих участках (2 - область пристенной кавитации) гидродинамические особенности потока создают условия для разрушения оксидной пленки и интенсивного вымывания продуктов коррозии. Действительно, любые деформации потока воды и пароводяной смеси сопровождаются возникновением **кавитации в пристенных слоях** расширяющегося потока 2, где образующиеся и тут же схлопывающиеся пузырьки пара обуславливают разрушение оксидной пленки вследствие энергии

гидравлических микроударов. Этому способствуют также знакопеременные напряжения в пленке, вызванные вибрацией змеевиков и колебаниями температуры и давлений. Повышенная же локальная турбулизация потока на этих участках вызывает активное вымывание продуктов коррозии.

На прямых выходных участках змеевиков оксидная пленка разрушается из-за ударов о поверхность капелек воды при турбулентных пульсациях потока пароводяной смеси, дисперсно-кольцевой режим движения которой переходит здесь в дисперсный при скорости потока до 20-25 м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. - Павлодар.: ЭКО, 2011. - 726с.
2. Акользин П.А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. - М.: Энергоиздат, 1982. (3 экз.).

Түйіндеме

Бұл мақалада оттегілік тоттанудың сұрағы қарастырылады.

Resume

In the given article the question of oxygen corrosion is considered.

УДК 621.1:629.4.082.236

ГИДРОГЕНИЗАЦИЯ УГЛЕЙ

А.К. Мерғалимова, А. Кырықбай, А.И. Глазырин

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

По прогнозам специалистов запасов нефти, если сохранится теперешнее годовое потребление, останется лишь на 30-40 лет. Добыча нефти из отдаленных, труднодоступных районов, шельфов морей становится настолько дорогой, что перевод угля в синтетическую нефть во многих случаях рассматривается как процесс конкурентноспособный по сравнению с извлечением нефти из недр.

Следует отметить, что ставшая столь острой проблема производства жидких топлив из углей и сланцев сама по себе не нова. В настоящее время известно около 30 проектов ожижения угля готовые к промышленному внедрению. В Институте органического синтеза и углехимии НАН РК в течение ряда лет разрабатывается оригинальная технология получения синтетического жидкого топлива, обеспечивающая высокий выход жидких продуктов и имеющая ряд технических и технологических преимуществ перед зарубежными аналогами. Республика Казахстан обладает крупными

месторождениями угля, которые могут быть перспективным сырьем для производства синтетического жидкого топлива (СЖТ).

Прямое ожижение угля или гидрогенизация характеризуется в сравнении с другими процессами лучшими КПД, а также универсальностью – возможностью получения синтетических жидких углеводородов, непосредственно заменяющих нефть и ее производные при сохранении действующих систем нефтепереработки, снабжения и распределения нефтепродуктов.

Создание экологически чистого производства синтетического жидкого топлива предполагает совершенствование технологии процесса гидрогенизации угля. Для решения этой задачи наряду с экспериментальными исследованиями необходим термодинамический анализ различных путей превращения угля. Такие расчеты необходимо провести для различных классов соединений, содержащихся в угле.

Совместное воздействие газообразного водорода и органических доноров позволяет эффективно осуществлять гидрогенизацию угля и регулировать степень его превращения. В условиях разработанных процессов гидрогенизации твердого топлива в качестве донора водорода используется нефтяная паста или дистиллятные продукты ожижения угля, содержащие гидропроизводные различных ароматических соединений. Поэтому представляет интерес термодинамические параметры реакции передачи водорода при совместном использовании ряда доноров. Обращаясь к проблеме ожижения твердого топлива, можно отметить, что различные гидропроизводные антрацена и фенантрена являются компонентами природных углей. Следовательно, органическая масса угля может выступать в качестве источника водорода. Поэтому в настоящее время принято рассматривать органическую массу угля как смесь полициклических соединений с преобладанием трех- и четырех ядерных молекул. При гидрогенизации угля в качестве растворителя-донора водорода используется смесь остатка гидрогенизата с температурой кипения (T_k) выше 673К (70%) и фракции с T_k 573-673К (30%). Анализ данных по значениям T_k индивидуальных углеводородов показывает, что применяемый в процессе ожижения угля растворитель содержит в своем составе частично гидрированные ароматические соединения, термодинамические параметры которых имеют, согласно расчетам, оптимальные значения для реакции переноса водорода.

Применение катализаторов в процессе деструктивной гидрогенизации угля, тяжелых нефтяных остатков, каменноугольной смолы позволяет осуществить процесс в более мягких условиях, повысить конверсию органической массы угля (ОМУ), нефтяных остатков, органической массы смолы, выход жидких продуктов, активность водорода, 'выход и качество дистиллятных продуктов.

В настоящее время в разрабатываемых способах в качестве катализаторов применяют активные композиции на основе молибдена. Однако, молибден дорог, ресурсы его ограничены, а расходы в процессе гидрогенизации из-за

быстрой деактивации велики. При использовании молибденсодержащих катализаторов необходима их регенерация с извлечением их из остатков, что усложняет и удорожает технологию процесса.

Как известно, основными недостатками известных технологий каталитической гидрогенизации углей являются низкая производительность процессов, применение высоких давлений водорода, необходимость выделения катализатора для повторного использования в процессе и, наконец, высокое содержание вредных полициклических веществ в продуктах ожигения. В этой связи значительный интерес представляют более доступные каталитические системы на основе железа, например, железосодержащие руды, рудные концентраты переходных металлов. Их использование позволяет исключить трудоемкую и технически трудно осуществимую стадию выделения катализатора из шламового остатка процесса, которая, например, используется для выделения молибдена в технологии Института горючих ископаемых. Кроме того, использование вместо водорода синтез-газа позволяет исключить целый ряд дополнительных стадий, связанных с получением водорода (конверсии CO , выделения H_2) и значительно удешевить процесс ожигения угля.

Исследования, проведенные в подтвердили целесообразность применения железосодержащих рудных катализаторов (пирит, пирротин) для гидрогенизации углей в среде водородо-донорных растворителей. При этом гидрогенизация угля осуществлялась за счет передачи атомов водорода от молекулы органического растворителя, например, от тетралина, который дегидрируется до нафталина. При этом роль катализатора преимущественно сводится к регенерации H-донорных свойств растворителя, например, путем гидрирования нафталина в тетралин.

К катализаторам процесса ожигения угля можно сформулировать ряд требований. Прежде всего эффективный катализатор ожигения должен ускорять реакции гидро-дегидрогенизации для непосредственного введения молекулярного водорода газовой фазы в уголь и его первичные высокомолекулярные продукты, образующиеся в результате термических реакции, а также для регенерации доноров и переносчиков водорода в растворителе. Вместе с тем катализатор ожигения угля должен быть активен и селективен в реакциях гидрогенолиза термически устойчивых связей в структуре угля и продуктов ожигения в целях увеличения выхода низкомолекулярных жидких продуктов и удаления кетероатомов при незначительном гидрокрекинге в легкие углеводородные газы.

В присутствии катализаторов повышается конверсия угля, увеличивается выход легких жидких продуктов при минимальном газообразовании, т.е. такие катализаторы способствуют селективному введению водорода в уголь и продукты его ожигения.

Таким образом, катализаторы, используемые в процессе ожигения угля, обладают главными функциями, необходимыми для ускорения химических

реакций, способствующих деструктивной гидрогенизации угря, и поэтому оказывают положительное влияние на процесс.

Однако известные сейчас катализаторы недостаточно эффективны по ряду показателей. Так, минеральные компоненты угля, наиболее дешевые катализаторы, имеют слишком низкую активность. В целом главной проблемой при использовании катализаторов ожигения угля является быстрая дезактивация катализаторов соединениями серы, тяжелыми металлами, коксом. Существуют несколько подходов к решению этой проблемы. В частности, предлагаются различные способы повышения стабильности катализаторов, например, использование широкопористых катализаторов, а также катализатора, заключенного в микрокапсулы.

Перспектива использования железорудных материалов в качестве катализаторов гидрогенизации угля связана с разработкой эффективных методов их активирования. Часто железорудные катализаторы активируют добавками серы в элементарной форме или в виде ее различных соединений, добавками соединений Mo, Co, Ni, предварительным восстановлением образцов в среде CO или H₂. Количество потенциальных катализаторов из отходов цветной металлургии для процессов ожигения угля, тяжелых нефтяных остатков, органической массы смолы чрезвычайно велико, и для их скрининга требуется эффективная и не слишком трудоемкая методика. Однако подбор каталитических систем является сложной проблемой поскольку выход целевых продуктов зависит от многих факторов: состава и свойств сырья, донорной способности растворителя, условий процесс следует также отметить, что катализаторы могут участвовать в различных реакциях: расщеплении определенных связей органической массы гудрона, органической массы угля, активации молекулярного водорода. В связи с этим значительный интерес представляют более доступные каталитические системы на основе железа: железосодержащие руды и продукты их переработки.

Разрабатываются различные методы по совместной переработке угольного вещества и тяжелых нефтяных остатков в синтетическое топливо. Кричко А.А. указывает, что совместная переработка нефтепродуктов и угля позволяет не только сократить расход газообразного водорода, но и оказывает влияние на глубину и характер превращения нефтепродуктов. В ряде работ показано, что при гидрогенизации тяжелых нефтяных остатков в их смеси с бурым углем возможна переработка данного сырья в дистиллятные продукты с одновременной деметаллизацией. Исследован процесс гидрогенизации нефтяных остатков в их смеси с бурым углем с целью изучения распределения ванадия и никеля в продуктах превращения. Изучено влияние количества добавляемого угля на распределение ванадия и никеля в продуктах гидрогенизации. Установлено, что увеличение доли угля в исходном сырье существенно не влияет на распределение ванадия и никеля в продуктах ожигения. В твердый остаток переходит от 89,8% до 90,9% никеля и 94,2% ванадия.

В работах исследован процесс гидрогенизации бурого угля в присутствии железорудных катализаторов - гематита, магнетита и пирита. Установлено, что наибольшую активность проявляли образцы катализатора, содержащие пирит. В их присутствии при 703 К глубина конверсии угля была 88-90% (без катализатора 73%). В присутствии смеси небольших количеств пирита и магнетита конверсия угля достигает 97% за счет конверсии асфальтенов в мальтены.

Гидрогенизацию угля проводят либо в присутствии катализаторов, либо доноров водорода - растворителей, либо обоих этих компонентов. Для уменьшения расходов водорода применяются более дешевые гидрирующие агенты, как, например, отходящие газы промышленности, содержащие водород и моноокись углерода. Процессы синтеза и дегградации с использованием гидрогенизации были разработаны в Германии. В результате получают различные виды топлива.

Синтез приводит к образованию алканов, на основе которых производят высококачественное дизельное топливо и ценные сорта парафинов. Продукты дегградации являются главным образом ароматическими или нафтеновыми (высокооктановый бензин или ароматические структурные продукты). Подавляющее большинство патентов и изобретений, посвященных способам Бергюса и Фишера-Тропша, сводится к подбору того или иного катализатора.

Для стабилизации и облагораживания промежуточного превращения углеродсодержащего сырья используют молекулярный водород, активируемый неорганическими компонентами исходного сырья или катализаторами, а также водород, входящий в состав синтез-газа и образующийся при реакции водяного газа (CO/H_2 ; $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$). Интерес к исследованиям, связанным с заменой водорода при гидрогенизации угля и тяжелых нефтяных остатков синтез-газом в настоящее время возрос.

Использовался также для гидрогенизации синтез-газ в присутствии Co-Mo катализатора и карбоната натрия. Степень конверсии при этом достигла 94%. При гидрогенизации щелочные металлы способствуют образованию формиата, катализирующего процесс.

Исследователями приводятся механизмы активации процесса ожижения бурого угля с применением CO и H_2 . Для увеличения степени конверсии угля добавляли 5% пирита, серы или H_2S . Отмечено, что при этом степень конверсии увеличивается соответственно до 46,60 и 75,0 %. Добавление смеси FeS_2 и серы без других катализаторов обеспечивает до 60 % конверсии угля.

Для увеличения выхода жидких продуктов в процессе гидрогенизации низкокачественного угля ученые провели обработку синтез-газом и H_2O при повышенной температуре и давлении горючих сланцев и угля с высоким содержанием в сланце пирита.

В последнее время появился ряд публикаций, авторы которых предлагают при гидрогенизации угля в качестве источника водорода использовать синтез-газ, получаемый при водной конверсии метана, разложением аммиака.

Конверсия угля и распределение продуктов зависят от растворителя, начального давления водорода и катализатора. При гидрогенизации суббитуминозного угля месторождения Альберта и битума в среде $\text{CO} + \text{H}_2$ при начальном давлении водорода 6,9 МПа получены максимальная конверсия (77,6 %) и выход жидких продуктов (97,6 %). С катализатором Fe_2O_3 выход масел составил 40-68 % и без катализатора 35-52 %, расход водорода - 2,5-5,1 и 1,7-3,7 % соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкина А.А., Кричко А.А., Пчелина Д.П. Роль доноров водорода при ожигении угля. //Химия твердого топлива.-1978.-№5.-0.36.
2. Галкина А.А., Кричко А.А. Гидрогенизация угля в смеси с тетралином. Труды ИГИ.-1978.-т.33.-С.35.
3. Русьянова Н.Д. Представления о химическом строении каменных углей. //Химия твердого топлива.-1978.-№6.-С3.
4. Справочник химика /Под ред. член - кор. АН СССР Никольского Б.Н. Госхимиздат.1962.т.1.
5. Шин М.К. Гидрогенизации бурых углей Канско-Ачинского бассейна под невысоким давлением водорода в синтетическое жидкое топливо, -диссертация д.т.н. в форме научного доклада.-М.-1990.
6. Зеккель Л.А., Краснобаева Н.В., Новикова М.Е. и др. Гидрогенизация угля в присутствии железосодержащих катализаторов под невысоким давлением водорода.//Химия твердого топлива.-1987.-№3.-С.100- 104.
7. Цодиков М.В., Максимов Ю.В., Эллерт О.Г., Передерни М.А., Грозян М.М. Исследование формирования железосодержащего катализатора гидрогенизации бурого угля.//Химия твердого топлива.-1989.-№4.С.

Түйіндеме

Бұл мақалада авторлар көмірлердің гидрогенизациясының пайдасын көріп, оны өткізетін шарттарын зерттейді.

Resume

The given article views the positive aspects of coals hydrogenation and various types of carrying it out.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА ПРИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТЕ РОТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

**А.Н. Новожилов, Н.А. Исупова,
Е.Н. Колесников, А.В. Нефтисов**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

К машинам переменного тока относят синхронные генераторы, компенсаторы и двигатели, а также асинхронные двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором. Одной из характерных их неисправностей является эксцентриситет, то есть смещение оси ротора относительно оси расточки статора. По рис.1 это сопровождается неравномерностью воздушного зазора – δ . Что изменяет коэффициент Картера, удельную магнитную проводимость воздушного зазора и индуктивные сопротивления обмоток статора и ротора. Первоначально, без какого либо обоснования, для описания зависимости $\delta = f(\alpha)$, где α – геометрический угол, отсчитываемый вдоль расточки ротора от оси обмотки статора той фазы, в которой ток равен амплитуде при $t=0$ использовалось простое выражение из [1]. Затем, как утверждают авторы [2] и [3], была предложена более точная зависимость. Однако из этих работ неясна величина погрешности моделирования воздушного зазора по [1], а также возможность использования для этого моделирования [2] и [3].

Традиционно для моделирования величины воздушного зазора при эксцентриситете ротора в зависимости от углов α с учетом рис.1 для гладких статора и ротора использовалось выражение из [1], в виде

$$\delta(\alpha) = \delta_n + d \cos \alpha, \quad (1)$$

где $\delta_n = r_1 - r_2$ - номинальный воздушный зазор машины; r_1 и r_2 - радиусы расточки сердечника статора и сердечника ротора; d - смещение ротора.

В [2] для решения этой проблемы при моделировании величины воздушного зазора в зависимости от угла α при эксцентриситете ротора использовали графическую и аналитическую аппроксимацию в следующем виде.

В соответствии с [4] и рис. 1 уравнение окружности расточки статора

$$r_1^2 = x_1^2 + y_1^2, \quad x_1 = r_1 \sin \alpha \quad \text{и} \quad y_1 = r_1 \cos \alpha. \quad (2)$$

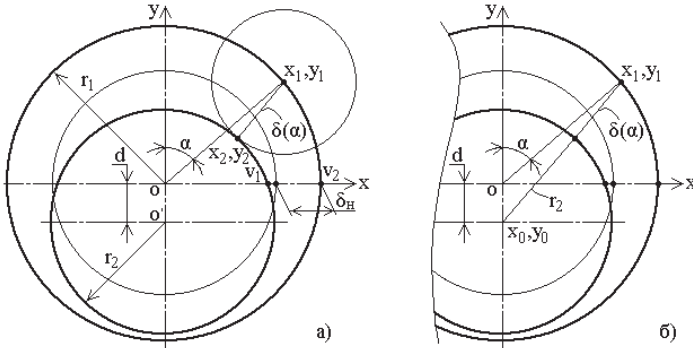


Рисунок 1 - Расчетная схема для определения воздушного зазора

В аналитическом виде при произвольном пространственном перемещении ротора получаемые выражения громоздки и неудобны для использования. Для их упрощения принимается, что в соответствии с рис. 1 перемещение ротора осуществляется вдоль оси симметрии фазы обмотки статора. За нее принята ось y . При этом координаты окружности расточки ротора до и после его смещения

$$r_2^2 = x_2^2 + y_2^2 \quad \text{и}$$

$$r_2^2 = x_2^2 + (y_2 - d)^2, \quad (3)$$

где $x_2 = r_2 \sin \alpha$ и $y_2 = r_2 \cos \alpha$.

В результате воздушный зазор

$$\delta^2(\alpha) = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2. \quad (4)$$

Как известно силовая линия в гладком воздушном зазоре перпендикулярна поверхности ферромагнитных сердечников статора и ротора и идет по кратчайшему расстоянию. Для минимизации δ в [2] записывается целевая

функция по Лагранжу, а затем ее производные по x и y приравниваются нулю. В результате, то после преобразования получается

$$x_2 = \frac{x_1}{1-\vartheta} \text{ и } y_2 = \frac{y_1 - \vartheta d}{1-\vartheta} \quad (5)$$

Если (5) подставить в (3), то получится уравнение

$$\left(\frac{x_1}{1-\vartheta} \right)^2 + \left(\frac{y_1 - \vartheta d}{1-\vartheta} - d \right)^2 = r_2^2,$$

в котором

$$\vartheta = 1 - \sqrt{\frac{x_1^2 + y_1^2 - 2y_1 d + d^2}{r_2^2}}. \quad (6)$$

Если в (4) подставить (2), (5) и (6), то воздушный зазор

$$\delta(\alpha) = \sqrt{\left(r_1 \sin \alpha - \frac{r_1 \sin \alpha}{1-\vartheta} \right)^2 + \left(r_1 \cos \alpha - \frac{r_1 \cos \alpha - \vartheta d}{1-\vartheta} \right)^2}. \quad (7)$$

Решение этой задачи можно значительно упростить, если как предлагают в [3] воспользоваться рис.1,б. В этом случае

$$\delta(\alpha) = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} - r_2, \quad (8)$$

где $x_0 = 0$ и $y_0 = -d$.

Результаты моделирования зависимости $\delta = f(\alpha)$ АД АО-31-4 при $r_1 = 112,3 \text{ мм}$, $r_2 = 112 \text{ мм}$ и $d = 0,285 \text{ мм}$ и использованием математических выражений (1), (7) и (8) приведены в табл.1. Не располагая истинными значениями воздушного зазора точность его моделирования оценивается приближенно по характерным точкам. Так при углах α равных 0° и 180°

воздушный зазор $\delta(\alpha)$ должен составлять 0,585мм и 0,015мм. В этом случае более точны уравнения (1) и (8). При углах α равных 90° и 270° $\delta(\alpha)$ не должен быть больше $\delta_n=0,3$ мм. Этому критерию удовлетворяют результаты расчета по уравнениям (7) и (8). В тоже время более просто выражение (1).

Таблица 1

Зависимость $\delta = f(\alpha)$ для АД АО-31-4

α , град	Величина δ мм по уравнениям			α , град	Величины δ мм по уравнениям		
	(1)	(7)	(8)		(1)	(7)	(8)
0	0,58500	0,58352	0,58500	100	0,25051	0,25160	0,25086
10	0,58067	0,57949	0,58069	110	0,20252	0,20351	0,20285
20	0,56781	0,56700	0,56786	120	0,15750	0,15832	0,15777
30	0,54682	0,54640	0,54691	130	0,11681	0,11744	0,11702
40	0,51832	0,51832	0,51848	140	0,08168	0,08212	0,08183
50	0,48319	0,48356	0,48341	150	0,05318	0,05346	0,05328
60	0,44250	0,44319	0,44278	160	0,03219	0,03234	0,0323
70	0,39748	0,39840	0,39780	170	0,01933	0,01940	0,01935
80	0,34949	0,35057	0,34985	180	0,01500	0,01504	0,01500
90	0,30000	0,30113	0,30037				

Как видно из [1], [2] и [4] для анализа магнитных полей в воздушном зазоре очень важен его спектр, который в основном зависит от величины соотношения r_1/δ_n представляется в виде ряда Фурье. Исследования показали, что для АД мощностью 1-3600кВт r_1/δ_n находится в пределах 350-600. В табл. 2 представлена величина воздушного зазора в виде ряда Фурье, полученная с помощью уравнений (1), (7) и (8) для АО 31-4 с $r_1/\delta_n=373$. Из этой таблицы видно, что при определенных условиях кроме нулевого и первого членов ряда возможно появление и других. Однако их величины столь незначительны, что ими можно пренебречь.

Таблица 2

Величина воздушного зазора в виде ряда Фурье

Член ряда	Величины δ по уравнениям		
	(1)	(7)	(8)
0	0,300	0,300	0,300
1	0,285	0,284	0,285
2	0,000	0,001	0,000
3	0,000	0,000	0,000

Таким образом, совокупность полученных различными методами результатов величины воздушного зазора при эксцентриситете ротора

для расчета коэффициента Картера, удельной магнитной проводимости воздушного зазора и индуктивных сопротивлений обмоток статора и ротора предпочтенье следует отдавать выражению (1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Геллер Б., Гамата В. Высшие гармоники в асинхронных машинах. -М.: Энергия, 1981.- 351с.
2. Гашимов М.А., Мирзоева С.М., Рамазанов Н.К. Диагностика эксцентриситета электрических машин в условиях эксплуатации// Электричество.– 2005.- №6.– С.41-45.
3. Гашимов М.А., Мирзоева С.М. Исследование в целях диагностики электромагнитных процессов в электрических машинах при неравномерности воздушного зазора// Электричество.– 2002.- №11.– С.52-45.
4. Бугров Я.С., Никольский С.М. Элементы линейной алгебры и аналитической геометрии. –М.: Наука, 1988.- 222с.

Түйіндеме

Әуе саңылау шамасын есептеу әдістері арқылы ротордың эксцентриситетінде қарап шыққан. Олардың талдауы жасалған және әдістің таңдауы бойынша ұсыныстар істелді.

Кілт сөздер: Электр машинасы, эксцентриситет, әуе саңылауы.

Resume

Ways of calculation of an air backlash size at eccentricity of the rotor are considered. Their analysis is made and recommendations for choice of a way have been made.

Keywords: electric machine, eccentricity, air backlash.

УДК 620.193.7

МЕЖКРИСТАЛЛИТНАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛА

**С.А. Смердов, Н.Н. Карпенко, Д.Ж. Текжанова,
А.И. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Межкристаллитная коррозия металла (ММК) — вид коррозии, при котором разрушение лигированного металла происходит преимущественно вдоль границ зерен или через зёрна. ММК обусловлена диффузионными процессами в структуре стали, приводящими к образованию карбидов

хрома по границам зерен и одновременным обеднением хромом участков, непосредственно прилегающих к границам зерен.

Причина возникновения межкристаллитной коррозии в структурных превращениях на границах зерен металла. Зона структурных превращений становится анодом, который усиленно растворяется. Связь между зернами металла нарушается и происходит их выкрашивание. Вследствии этих процессов металлические конструкции при эксплуатации теряют свои свойства и быстро приходят в негодность.

Условия возникновения межкристаллитной коррозии (МКК):

- 1) Состав сплава;
- 2) Температура и время выдержки при повышенных температурах;
- 3) Среда;
- 4) Растягивающие усилия.

Скорость протекания межкристаллитной коррозии определяется потенциалом металла. Ускоренное ее развитие наблюдается при потенциалах входа в транспассивную область (1,15 – 1,25В), а также при потенциале активно-пассивного перехода (около 0,35В). В разных областях межкристаллитная коррозия может протекать по разным механизмам.

На склонность к карбидообразованию значимое влияние имеет легированных элементов в нержавеющей сталях. V, W, Mo, Mn, Nb снижают активность углерода, предотвращая возможность возникновения межкристаллитной коррозии. Si, Co, Ni – напротив, увеличивают активность атомов углерода, усиливая МКК.

При легировании стали хромом в количестве более 12 % она становится коррозионнстойкой, т.к. на ее поверхности образуется пассивирующий слой, защищающий ее от коррозии. Дополнительное легирование никелем высокохромистых сталей позволяет получать в результате термической обработки однофазную аустенитную структуру, обладающую высокой коррозионной стойкостью, т.к. весь хром в данном случае растворен в аустените.

Межкристаллитной коррозии подвержены многие стали, которые в коррозионно-агрессивных средах имеют высокую стойкость к общей коррозии. Из применяемых в нефтеперерабатывающей промышленности сталей межкристаллитной коррозии подвержены хромоникелевые, хромоникельмолибденовые, хромоникельмарганцевые коррозионнстойкие стали и высоколегированные никелевые сплавы.

При нагреве аустенитной коррозионнстойкой стали до температуры 450...850°C и выдержке ее при этой температуре в течении определенного времени возникает термодинамическая вероятность перехода хрома из свободного в связанное состояние с образованием карбидов хрома $Cr_{23}C_6$ и их выделением по границам аустенитных зерен. Количество карбидов хрома

$Cr_{23}C_6$ зависит от содержания углерода в стали. Нагрев стали до таких температур имеет место при изготовлении (например, сваркой) и высокотемпературной эксплуатации оборудования.

Скорость диффузионного перемещения углерода в стали при нагреве превышает скорость диффузионного перемещения хрома. В образовании карбидов хрома $Cr_{23}C_6$ на границах аустенитных зерен участвует практически весь углерод, диффундирующий к границам из всего объема зерен, а хром, входящий в состав карбида $Cr_{23}C_6$, диффундирует только из приграничных слоев зерен, т.к. из-за малой скорости диффузии он не успевает диффундировать из глубины зерен. На рисунке 1 приведена схема диффузионного перемещения хрома, происходящего при нагреве аустенитной коррозионностойкой стали.

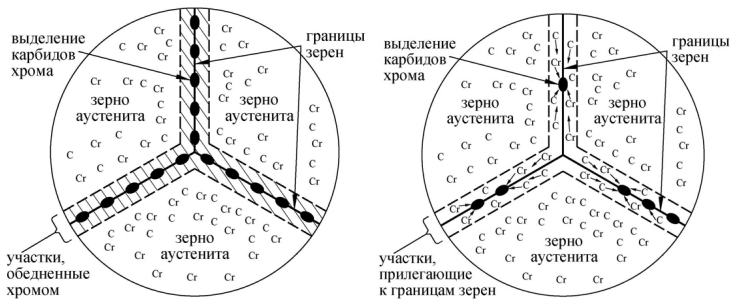


Рисунок 1 - Диффузионное перемещение хрома с образованием карбидов хрома, происходящее при нагреве аустенитной коррозионностойкой стали

В структуре стали возникает локальная химическая неоднородность. Карбиды хрома $Cr_{23}C_6$, выделяются по границам зерен, а участки, непосредственно прилегающие к границам зерен, оказываются обедненными хромом (рисунок 1) менее 12 %, т.е. ниже того предела, который обеспечивает коррозионную стойкость стали (рисунок 2). При этом обедненные хромом границы зерен и участки, непосредственно прилегающие к ним, переходят в активное состояние по отношению к зернам, находящимся в пассивном состоянии.

Под воздействием коррозионно-агрессивной среды происходит избирательное коррозионное разрушение участков, обедненных хромом. Именно поэтому межкристаллитное разрушение распространяется только по участкам, непосредственно прилегающим к границам зерен, обедненным хромом и находящимся в активном состоянии.

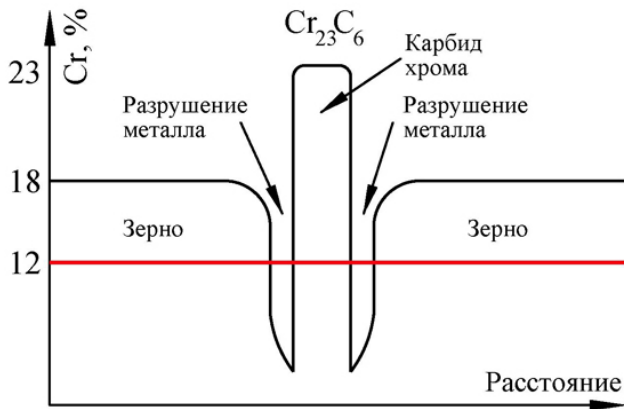
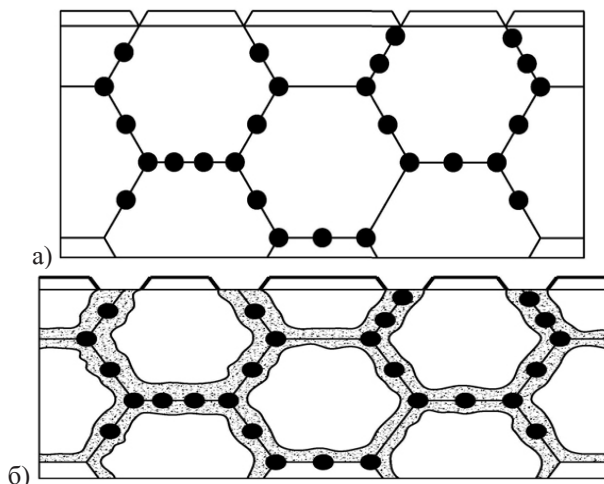


Рисунок 2 - Распределение хрома в поперечном сечении аустенитных зерен
 Схема разрушения металла при межкристаллитной коррозии приведена на рисунке 3.

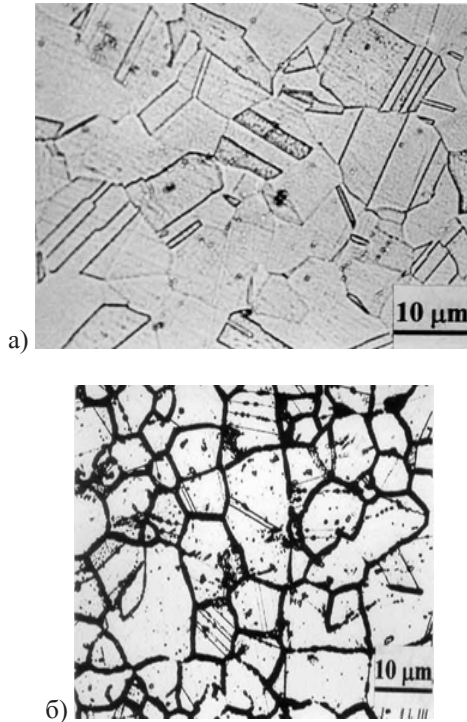


а – выделение карбидов хрома по границам зерен;
 б – межкристаллитная коррозия по участкам, обедненным хромом

Рисунок 3 - Схема разрушения металла при межкристаллитной коррозии

Состояние стали с выделившимися по границам зерен карбидами хрома называется сенсibilизированным, т.е. сталь является чувствительной (восприимчивой) к межкристаллитной коррозии.

На рисунке 4 приведены микроструктуры аустенитной коррозионностойкой стали $AlSi_3O_4$. На рисунке 4а приведена структура стали в исходном состоянии, на рисунке 4б — структура стали в сенсibilизированном состоянии, т.е. восприимчивом к межкристаллитной коррозии.

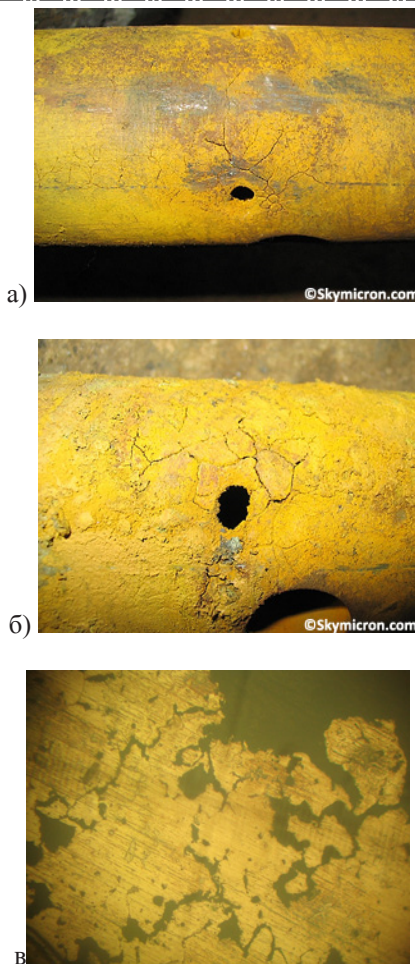


а – исходная структура; б – сенсibilизация структуры

Рисунок 4 - Микроструктура стали $AlSi_3O_4$

Наибольшая склонность к межкристаллитной коррозии наблюдается в тех случаях, когда карбиды хрома на границах зерен образуют непрерывные цепочки (густую сетку). Однако само по себе наличие у стали склонности к межкристаллитной коррозии не обязательно приводит к коррозионному разрушению.

На рисунке 5 приведены фотографии внешнего вида и микроструктура материала трубы диаметром 89×4 мм (сталь 08X18H10T), подверженной межкристаллитной коррозии. Труба входила в конструкцию устройства для очистки наружной поверхности печных труб водяным паром, расположенного в месте выхода дымовых газов из печи.



а, б – внешний вид трубы; в – микроструктура, $\times 240$ (без травления)
Рисунок 5 - Межкристаллитная коррозия стали 08X18H10T

Оксид серы SO_3 и сернистые соединения железа, содержащиеся в дымовых газах, осаждались на наружной поверхности трубы. Под воздействием конденсата водяного пара происходило растворение оксида серы с образованием сернистой кислоты (H_2SO_3), которая воздействовала на металл трубы. Эксплуатация при высокой температуре и воздействии сернистой кислоты привела к межкристаллитной коррозии стали 08X18H10T.

Способы предотвращения ММК являются все способы борьбы с появлением склонности в сталях к межкристаллитной коррозии направлены на предотвращение выделения хрома из аустенита с последующим образованием карбидов хрома.

Термическая обработка коррозионностойких аустенитных сталей заключается в закалке в воде с температурами от 1050 до 1200°C. Нагрев до этой температуры вызывает растворение карбидов хрома ($Cr_{23}C_6$), а быстрое охлаждение фиксирует состояние пересыщенного твердого раствора углерода в аустените без карбидов хрома. Медленное охлаждение при закалке недопустимо, т.к. при этом, как и при отпуске, происходит выделение карбидов хрома, приводящее к появлению склонности стали к межкристаллитной коррозии.

Повторный нагрев стали до температуры 450...850°C и выдержка при этой температуре в течении некоторого времени вызывает выделение карбидов лишь у пересыщенного аустенита, т.е. у закаленных аустенитных сталей (при содержании в них углерода более 0,005 %).

Одним из распространенных способов предотвращения межкристаллитной коррозии является применение аустенитных сталей с низким содержанием углерода (не более 0,03 %). Чувствительность к межкристаллитной коррозии у сталей типа X18H10 практически устраняется при снижении содержания углерода до 0,015...0,020 %. Дополнительное легирование азотом (до 0,1 %) сталей с низким содержанием углерода (до 0,03 %) повышает их стойкость к межкристаллитной коррозии.

Склонность к межкристаллитной коррозии аустенитных коррозионностойких сталей устраняется также легированием их стабилизирующими элементами: титаном, ниобием, танталом, цирконием. Эти элементы являются сильными карбидообразователями и обладают большим химическим сродством к углероду, чем хром. Поэтому при введении в сталь титана, ниобия, тантала или циркония образуются малорастворимые в аустените карбиды типа MC (TiC , NbC , TaC и ZrC), а не карбиды хрома $Cr_{23}C_6$. Титан, ниобий, тантал или цирконий, соединяясь с углеродом, препятствуют тем самым образованию карбидов хрома (хром остается растворенным в аустените) и, как следствие, возникновению межкристаллитной коррозии. Однако количество карбидообразующих элементов должно быть достаточным, чтобы они могли связать весь свободный углерод в карбиды.

Аустенитные стали, легированные карбидообразующими элементами, рекомендуется подвергать стабилизирующему отжигу. Стабилизирующий отжиг заключается в выдержке стали в течение 2...3 ч при 850...900°C и охлаждении на воздухе. При указанной температуре в сталях образуются карбиды элементов-стабилизаторов (титана, ниобия и др.), а не карбиды хрома, в результате чего содержание углерода в аустените уменьшается и вероятность образования склонности к межкристаллитной коррозии

при последующем нагреве до температуры более 450°C снижается, т.к. образование карбидов хрома не происходит. Стабилизирующему отжигу следует подвергать материал оборудования, эксплуатирующегося при температуре выше 400°C.

При межкристаллитной коррозии разрушение металла распространяется на большую глубину и сопровождается снижением его прочности и пластичности. Срок службы оборудования из аустенитных сталей на технологических установках определяется временем образования в сталях склонности к межкристаллитной коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.plackart.com/problems/chrystal.html>
2. <http://www.okorrozii.com/megkrillkorroz.html>
3. http://skymicron.com/metaldamage/intergranular_corrosion.html

Түйіндеме

Мақалада энергетикалық жабдықтауды кристалл арасындағы тот басудан қорғау мәселесі қарастырылады.

Resume

The article is devoted to the question of protection of the energetical equipment from intergranular corrosion.

УДК 620.193.1

СТОЯНОЧНАЯ КОРРОЗИЯ

Д.Ж. Текжанова, Е.В. Кочтова,

С.А. Смердов, Н.Н. Карпенко, А.И. Глазырин

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов в результате химического или физико-химического воздействия с окружающей средой. В общем случае это разрушение любого материала, будь то металл или керамика, дерево или полимер. Причиной коррозии служит термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде.

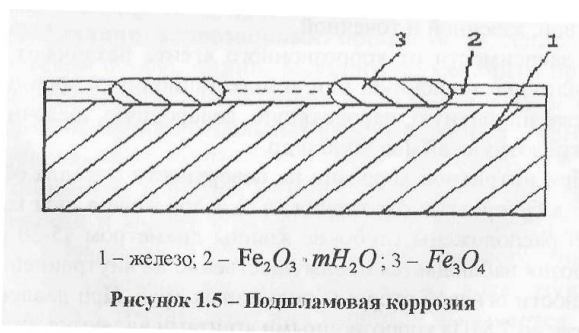
Стояночной коррозией называют коррозионное повреждение теплосилового оборудования во время его простоя в холодном и горячем резерве или в период ремонта, поэтому в неработающих котлах необходимо исключить возможность контакта воздуха с металлом, обеспечить сухость

поверхности металла и возможно более низкую влажность воздуха, создать коррозионно-защитный состава воды или пленки влаги, соприкасающихся с поверхностью металла, применив замедлители коррозии. Стояночная коррозия, наблюдаемая в барабанах котла, поражает примерно одинаково как опускные, так и подъемные трубы, тогда как рабочая коррозия, распространяющаяся на барабан лишь при плохой работе деаэратора, не затрагивает подъемных труб. Она поражает практически все поверхности котла от экономайзера до пароперегревателя, особенно участки труб, образующие петли, где скапливается конденсат. Характерная особенность стояночной коррозии – образование на поверхности металла язвин, накопление продуктов коррозии, что интенсифицирует коррозионные процессы при последующей эксплуатации оборудования. При наличии на поверхности металла отложений, поглощающих проникающую в котел влагу, образуется пленка солевого раствора высокой концентрации, что ведет к усилению коррозионного процесса. Большую роль в развитии стояночной коррозии играет также образующаяся во время простоя котла ржавчина. Образующиеся в это время продукты коррозии состоят из окислов железа высшей валентности, которые во время работы котла выполняют роль окислителя, восстанавливаясь при этом до окислов низшей валентности. При следующем простое агрегата восстановленные окислы снова окисляются и, таким образом, общее количество их при циклически повторяющемся чередовании простоев и работы котлов непрерывно возрастает.

Развитию стояночной коррозии способствует также накапливающийся в парогенераторе шлам, который обычно удерживает влагу. Подшламовая коррозия наблюдается при накоплении железо-оксидного шлама в экранных трубках и оборудовании теплосети. Из-за низкой теплопроводности шлама процессы тепло и массообмена ухудшаются, а защитный оксидный слой повреждается. Повреждение трубопроводов теплосети от внутренней коррозии в основном связаны с появлением язв, перерастающих со временем в свищи. Язвы возникают по всему периметру трубы. Они окружены металлом, малозатронутым коррозией. Язвы иногда выстраиваются в цепочки, объединяющиеся в канавки. Цепочки язв обычно параллельны направлению проката листа, из которого выполнены трубы. Подавляющая часть коррозионных повреждений не связана с изменениями свойств металла. Подшламовую коррозию объясняют взаимодействием металла с образующимся на его поверхности отложениями оксидов железа.

Для защиты от подшламовой коррозии необходимо устранить основные источники окислов железа и меди в котлах. Мероприятия по предупреждению поступления в котлы и накопления в них большого количества продуктов коррозии сводятся к своевременному удалению с поверхности оборудования окислов железа и меди, к организации рационального отвода скапливающихся загрязнений из различных точек водяной системы при работе оборудования и

самое главное – к устранению попадания этих загрязнений в питательную воду и ее составляющие. Вынос окислов железа из оборудования водоподготовительных и обессоливающих установок уменьшают применением защитных покрытий (гуммирования, бакелирования, покрытия перхлорвиниловым или другим кислотостойким лаком) соответствующего оборудования и баков, а также изготовлением дренажных устройств фильтров и арматуры из устойчивых по отношению к коррозии материалов. Питательную воду обрабатывают аммиаком или морфолином для нейтрализации свободной углекислоты, содержащейся в паре, и повышения pH воды до необходимых значений (около 9). Первостепенное значение для устранения выноса продуктов коррозии с производственным конденсатом приобретает обработка отборного пара турбин, направляемого на производство, с помощью пленкообразующих аминов.



Во время стояночной коррозии не соблюдаются режимы, тем самым не наблюдается концентрации различных веществ. Таким образом повышается концентрация кислорода, что приводит к кислородной коррозии. Кислородная коррозия железа в воде:



Коррозия железа в воде с нейтральной или близкой к нейтральной среде, содержащей растворенный кислород, идет преимущественно с кислородной деполаризацией. В водопроводной воде только лишь около 3% железа корродирует с водородной деполаризацией, а остальная часть – с кислородной. Анодными участками являются зерна феррита, катодными – всевозможные включения в структуру металла, окалина и ржавчина на поверхности металла, потенциал которых значительно выше потенциала железа. На аноде происходит растворение металла, например, по реакции:



На катоде идет деполяризация электронов молекулами кислорода:



В процессе отвода электронов от катодного участка (процесса деполяризации) создаются предпосылки для развития коррозии, так как деполяризация катодного участка позволяет поддерживать разность потенциалов между катодом и анодом, уменьшается и может упасть до нулевых значений, при которых процесс коррозии прекращается. На анодном участке накапливаются продукты коррозии – ионы Fe^{2+} , на катодном участке – ионы OH^- . Там, где встречаются продукты катодной и анодной реакций, образуется гидрат закиси корродирующего металла:



Образование осадка $\text{Fe}(\text{OH})_2$ при работе макропар обычно происходит в толще раствора, но в случае работы микропар можно ожидать образования гидроксида металла на корродирующей поверхности. На поверхности металла в условиях эксплуатации при работе и останове оборудования в период контакта кислорода с водой возникает множество анодных и катодных участков, создающих условия для протекания коррозионных процессов. В присутствии достаточного количества кислорода коррозия железа протекает с кислородной деполяризацией окиси трехвалентного железа, а при ограниченном доступе кислорода образуется смесь, содержащая окиси двух- и трехвалентного железа. Скорость коррозии пропорциональна концентрации растворенного в соответствующей среде кислорода. Один литр насыщенной воздухом воды может вызвать коррозию 1 см^2 поверхности железа на глубину $0,022 \text{ мм}$ в случае образования окиси трехвалентного железа и на большую глубину при образовании смеси, состоящей из окиси двух- и трехвалентного железа.

Коррозия в присутствии кислорода – основной вид разрушения оборудования водоподготовки и теплосети. Она наблюдается и при их эксплуатации, и при простаивании. Кислород выполняет двойственную роль в процессах коррозии металлов. С одной стороны, он служит мощным деполяризатором катодных участков коррозионных элементов и тем самым ускоряет протекание коррозии при условии, если катодный процесс является контролирующим фактором. С другой стороны, кислород, окисляя металл, повышает стабильность защитных пленок и, следовательно, может снижать скорость коррозии. Чем выше концентрация кислорода в растворе, тем больше возможность образования прочных защитных пленок на поверхности стали и увеличения стационарного потенциала. Вследствие этого участки металла, получающие больше кислорода, выполняют роль катода по отношению к участкам поверхности металла, которые

омываются водой с малой концентрацией кислорода, и возникает так называемая макропара неравномерной аэрации, вызывающее дополнительное разрушение металла. На поверхности стали появляются язвы, которые характерны для кислородной коррозии в условиях работы теплоэнергетического оборудования.

Отличить стояночную коррозию от кислородной коррозии, наблюдаемой во время работы котлов, можно по следующим признакам. Стояночная коррозия протекает как в котлах и экономайзерах, так и в пароперегревателях, тогда как кислородная коррозия в пароперегревателях во время работы котлов никогда не наблюдается. Таким образом, индикатором стояночной коррозии могут служить обнаруживаемые в петлях пароперегревателя язвы. Она, как правило, поражает экономайзер по всей длине змеевиков, особенно выходную его часть, в то время как при работе котла от кислородной коррозии страдают преимущественно входные участки труб. Основной причиной стояночной коррозии является одновременное присутствие влаги и воздуха, поэтому при остановке турбины должны быть приняты меры для исключения их одновременного попадания в турбину. Для этого паропровод, подводящий пар к турбине, снабжается специальным вентилем обеспаривания, который открывается на атмосферу сразу же после остановки турбины. Камера регулирующей ступени турбины, камеры отборов, паровые коробки регулирующих клапанов, перепускные трубы также должны быть сообщены с атмосферной во избежание скопления конденсата, который может испариться и через неплотности арматуры попадать в турбину.

Методы предотвращения стояночной коррозии основаны на следующих принципах: 1) исключения возможности доступа воздуха к металлу неработающего оборудования; 2) обеспечения сухости поверхности металла и возможно более низкой влажности воздуха в агрегате; 3) создания коррозионно-защитного состава воды или пленки влаги, соприкасающихся с поверхностью металла путем применения замедлителей коррозии. Защита от стояночной коррозии осуществляется следующими способами: при простоях котла более 1-2 месяцев консервацию производят путем использования раствора аммиака или газообразного азота, а при простоях до трех суток – путем заполнения котла деаэрированной водой и поддержания в нем постоянного избыточного давления.

Для предупреждения стояночной коррозии необходимо котлы, выведенные в резерв, подвергать консервации. Для консервации могут быть применены следующие способы: заполнение контура азотом и поддержание в нем избыточного давления 0,2-0,5 МПа; заполнение деаэрированной водой с избыточным давлением в контуре 0,5 МПа; заполнение раствором аммиака гидразина рН(10,5-11), или раствором силиката натрия и раствором контактного ингибитора, обработка поверхности контура раствором гидразингидрата и аммиака; вакуумная сушка поверхностей нагрева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация теплоэнергетического оборудования. - Павлодар, 2011. - 726 с.
2. Акользин П.А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования. - М: Энергоиздат, 1982.

Түйіндеме

Бұл мақалада тұрақ коррозияның сұрағы қаралынады.

Resume

In the article an issue about stand corrosion and methods of its averting is considered.

УДК 621.182.473

СУХОЙ МЕТОД КОНСЕРВАЦИИ

**А.С. Утельбаев, Б.М. Байтемиров, В.П. Зленко,
А.О. Кондратьев, С.А. Глазырин**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

Если котел остановлен на длительное время, то необходимо его законсервировать. При консервации котлов необходимо руководствоваться указаниями инструкции завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации. Для защиты котлов от коррозии применяют сухой, мокрый и газовый способы консервации, а также в отдельных случаях консервацию методом избыточного давления. В данной статье рассматривается сухой способ консервации.

Сухой способ консервации – обеспаривание поверхностей нагрева после полного дренирования остановленного, но еще не остывшего котла. Его целесообразно применять при наличии ранее созданной на поверхности металла защитной пленки. После обеспаривания оставшийся пар конденсируется в недренируемых поверхностях нагрева, в которых при простое оборудования протекает интенсивная электрохимическая коррозия. Этот конденсат должен иметь величину рН не ниже 10, для чего в период обеспаривания в поверхности следует дозировать аммиак.

Сухой способ консервации предусматривает и размещение влагопоглотителей в герметично закрытом оборудовании. Сущность его заключается в том, что после удаления воды из котла внутрь помещают влагопоглотители и герметично закрывают. В качестве влагопоглотителя можно использовать прокаленный при температуре от 400 до 500°С хлористый кальций с размерами кусков не менее 5 мм из расчета 1-2 кг на

1 м³ внутреннего объема консервируемого оборудования. Можно использовать также силикагель или цеолит марки NaA или NaX, предварительно просушенный при температуре от 110 до 120 °С, из расчета 1,5-3 кг на 1 м³ объема. Иногда применяют негашеную известь с содержанием активного вещества не менее 50% из расчета 3 кг на 1 м³ объема. Относительная влажность во внутреннем объеме оборудования при этом поддерживается на уровне 40%, но не более 60%. Этот метод консервации весьма трудоемок и применяется только там, где создание защитной пленки затруднительно, например, для защиты внутреннего пространства генератора.

К сухому методу консервации относится и вентиляция остановленного оборудования, например турбины, горячим воздухом. Воздух подают вентилятором 2 и подогревают в калорифере 3, затем направляют в турбину 4 (рисунок 1). При консервации турбины продувкой горячего воздуха вентилятор должен обеспечивать такую кратность циркуляции воздуха в турбине, чтобы на выходе из нее, температура осушенного воздуха превышала на 15 °С температуру воздуха снаружи турбины. Относительная влажность на выходе из турбины при этом не будет превышать 40%, что гарантирует отсутствие влаги на поверхности металла. Этот способ консервации можно было бы применять для защиты от стояночной коррозии не только турбин, но и паровых котлов или другого оборудования, используя нагретый воздух от соседнего работающего агрегата. Однако это значительно удорожает процесс консервации. Кроме того, при методе консервации постоянной продувкой горячим воздухом невозможно проводить ремонтные работы на оборудовании.

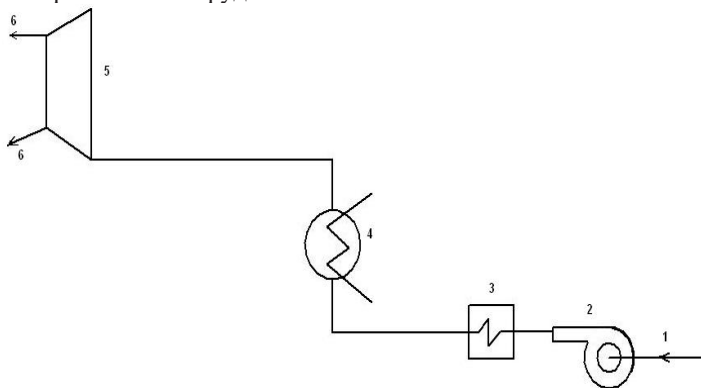


Рисунок 1 – Схема консервации турбины среднего давления с конденсатором, подогретым воздухом

1 – воздух из цеха; 2 – вентилятор; 3 – калорифер;
4 – конденсатор турбины; 5 – турбина; 6 – выход горячего воздуха через неплотности.

Для выполнения консервации сухим методом рекомендуется выполнять ряд обязательных рекомендаций:

- Дренаживание котла при давлении выше атмосферного позволяет после опорожнения за счет тепла, аккумулированного металлом, обмуровкой и изоляцией, сохранить температуру металла в котле выше температуры насыщения при атмосферном давлении. При этом происходит подсушка внутренних поверхностей барабана, коллекторов и труб.

- Сухой останов применяется для котлов на любое давление при отсутствии в них вальцовочных соединений труб с барабаном.

- Сухой останов котла проводится при плановом останове в резерв или ремонт на срок до 30 суток, а также при аварийном останове.

- Для предотвращения попадания в котел влаги в период простоя необходимо предусматривать надежное его отключение от трубопроводов воды и пара, находящихся под давлением, за счет плотного закрытия запорной арматуры, установки проглушек, ревизионных вентиляей.

- После останова котла в процессе его естественного остывания или расхолаживания дренаживание начинают при давлении 0,1-1,0 МПа.

Промежуточный пароперегреватель обеспаривают на конденсатор. После дренаживания и подсушки закрывают все вентили и задвижки пароводяной схемы котла, лазы и шиберы топки и газохода, открывают ревизионные вентили, а также устанавливают при необходимости проглушки.

- В период консервации после полного остывания осуществляют периодический контроль за попаданием воды или пара в котел путем прощупывания участков возможного попадания их в районе запорной арматуры, кратковременного открытия дренажей нижних точек коллекторов и трубопроводов, вентиляей пробоотборных точек.

Если обнаружено попадание воды в котел, следует принять меры к устранению этого попадания. После этого растапливают котел, поднимают в нем давление до 1,5-2,0 МПа, выдерживают это давление в течение нескольких часов, а затем производят сухой останов вновь.

При невозможности устранения причин попадания влаги или проведения растопки котла выполняют консервацию путем поддержания в котле избыточного давления.

- При выводе котла из сухого останова убирают установленные проглушки и приступают к растопочным операциям в соответствии с инструкцией по пуску котла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазырин А.И., Глазырин А.А., Орумбаев Р.К. Коррозия и консервация технологического оборудования. П. 2011. – 860 с.

Түйіндеме

Мақалада коррозиядан металдың ығысу консервацияның құрғақ әдісі туралы сұрақ қарастырылады.

Resume

The article discusses the protection of metal from corrosion by the dry method of conservation.

НАШИ АВТОРЫ

Авазбакиев Рифхат Анатольевич - директор спорткомплекса, г. Павлодар.

Байтемиров Бахтияр Мейрамбекович - студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Балхиянов Санат Ермуратович – студент, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Глазырин Александр Иванович - д.т.н., профессор, кафедра теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Глазырин Сергей Александрович - к.т.н., доцент, энергетический факультет, кафедра теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Говоруун Владимир Федорович - д.т.н., профессор, кафедра электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Звоицов Алексей Сергеевич - студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Зленко Вадим Петрович - студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Исупова Наталья Александровна - ст. преподаватель, кафедра автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кабыкенов Азат Жумагельдинович – студент, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

Карпенко Лидия Николаевна – студент, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Карпенко Николай Николаевич – студент, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кислов Александр Петрович - к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Колесников Евгений Николаевич – магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кондратьев Александр Олегович – студент, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

Копотун Игорь Сергеевич - магистрант, кафедра электроэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кочтова Екатерина Владимировна – студент, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кузнецов Владимир Владимирович - магистрант, теплоэнергетический факультет, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар.

Кырыкбай Амир - магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Мергалимова Алмагуль Каирбергеновна - ст. преподаватель, кафедра теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Нефтисов Александр Витальевич – магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Новожилов Александр Николаевич - д.т.н., профессор, кафедра автоматизации и управления, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Смаилов Куандык Сагындыкович - магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Смердов Сергей Андреевич – студент, энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Текжанова Дана Жадыгеровна - студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Тлепбергенов Нурбек Ермекович - студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

Утельбаев Алибек Суйындыкович - студент, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

(“Вестник ПГУ”, “Наука и техника Казахстана”,
“Өлкетану-Краеведение”)

1. В журналы принимаются рукописи статей по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полуторным межстрочным интервалом, с полями 3 см со всех сторон листа и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе “Word 7,0 (‘97, 2000) для Windows”.

2. Общий объем рукописи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать **8-10 страниц**.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени.

4. Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами: - УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

- название статьи: кегль -14 пунктов, гарнитура - **Times New Roman Cyr** (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Times New Roman** (для казахского языка), заглавные, жирные, абзац центrovанный;

- инициалы и фамилия(-и) автора(-ов), полное название учреждения: кегль - 12 пунктов, гарнитура - Arial (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Arial** (для казахского языка), абзац центrovанный;

- аннотация на казахском, русском и английском языках: кегль - 10 пунктов, гарнитура - Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Times New Roman** (для казахского языка), курсив, отступ слева-справа - 1 см, одинарный межстрочный интервал;

- текст статьи: кегль - 12 пунктов, гарнитура - Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), **KZ Times New Roman** (для казахского языка), полуторный межстрочный интервал;

- список использованной литературы (ссылки и примечания в рукописи обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84.-
например:

ЛИТЕРАТУРА

1. Автор. Название статьи // Название журнала. Год издания. Том (например, Т.26.) номер (например, № 3.) страница (например С. 34. или С. 15-24.)

2. Андреева С.А. Название книги. Место издания (например, М.:) Издательство (например, Наука,) год издания. Общее число страниц в книге (например, 239 с.) или конкретная страница (например, С. 67.)

На отдельной странице (в бумажном и электронном варианте) приводятся сведения об авторе: - Ф.И.О. полностью, ученая степень и ученое звание, место работы (для публикации в разделе “Наши авторы”);

- полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, E-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

- название статьи и фамилия (-и) автора(-ов) на казахском, русском и английском языках (для “Содержания”).

4. Иллюстрации. Перечень рисунков и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

5. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула - один объект).

6. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

7. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

8. Рукопись и дискету с материалами следует направлять по адресу:
140008, Республика Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова,

Издательство «КЕРЕКУ»

Тел (8 7182) 67-36-69

E-mail: publish@psu.kz



Теруге 16.09.2011 ж. жіберілді. Басуға 26.09.2011 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 6,97 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген М.Б. Касенова
Корректорлар: Б.Б. Әубәкірова, А.Р. Омарова
Тапсырыс № 1768
Сдано в набор 16.09.2011 г. Подписано в печать 26.09.2011 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 6,97 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка М.Б. Касенова
Корректоры: Б.Б. Аубакирова, А.Р. Омарова
Заказ № 1768

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: publish@psu.kz