

ЭНЕРГЕТИК

5

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО – МАССОВЫЙ ЖУРНАЛ

1991

В НОМЕРЕ

Отраслевой профсоюз
на современном
этапе развития

Перспективные
направления развития
теплофикации и
теплоснабжения

Еще раз об
аттестации

О новом издании
«Правил техники
безопасности при
эксплуатации
электроустановок»

Новые методы
проверки средств
релейной защиты
и автоматики

О повышении
надежности и
продлении срока
службы
турбогенераторов

Критика и
библиография
«Малая турбинная
энциклопедия»

и другие материалы

Биологический фактор возникновения нитритов в питательной воде паровых котлов

КОСТРИКИН Ю. М., доктор техн. наук, ПИЛЬЦОВА Н. К., инж.,
ВОРОБЬЕВА Л. И., доктор биологических наук, ПАРШИКОВ И. А.,
ЧАПЛЫГИНА А. П., инженеры, ВТИ им. Ф. Э. Дзержинского — МГУ
им. М. В. Ломоносова — Курские тепловые сети

Химический персонал электростанций неоднократно отмечал увеличение содержания нитритов в питательной воде паровых котлов, не соответствующее балансу, т. е. существенно превышающее содержание нитритов во всех компонентах питательной воды. Такое несоответствие вызывало сомнения в правильности анализов. Было сделано предположение, что истинное содержание нитритов, например, в добавочной воде существенно выше, но некие примеси мешают получению правильных результатов. Однако самые тщательные проверки с применением различных методов определения нитритов не подтверждали этого.

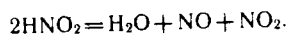
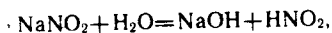
Нитриты вызывают коррозионные разрушения оборудования, способствуют образованию в котельных трубах язв, аналогичных кислородным. Специалисты отличают их от истинно кислородных поражений по следующим признакам:

язвы, образующиеся в результате нитритной коррозии, сосредоточены преимущественно на внутренней поверхности огневой стороны подъемных труб;

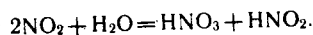
барабан котла, опускные трубы и экономайзер мало страдают от нитритной коррозии;

размер язв при нитритной коррозии больше.

Нитриты могут быть причиной коррозии также и элементов паровых турбин, так как термически неустойчивы и в котловой воде претерпевают распад по схеме:



В турбине же (в зоне Вильсона) может происходить обратный процесс с образованием агрессивной смеси кислот:



Таким образом, нитриты являются весьма опасной примесью питательной воды, и их содержание в ней нормируется.

В котельной предприятия Курские тепловые сети (ПКТС) на четырех паровых котлах ЗВГ, стационарные № 1—4 с давлением в барабане 24 кгс/см² при соблюдении норм качества питательной воды по кислороду наблюдались коррозионные повреждения, имеющие отличительные признаки нитритной коррозии.

Содержание нитритов в питательной воде составляло 350—400 мкг/л. Ежегодно на каждом из котлов заменялось до 30 % экранных труб. Перед выводом котла в ремонт «неорганизованная» продувка достигала 30 %.

Питательная вода котлов представляет собой смесь конденсатов сетевых подогревателей, подогревателей исходной и декарбонизированной воды и добавка химически очищенной воды (ХОВ), расход которой в среднем составляет 10 % расхода питательной.

Добавочная вода для восполнения потерь в цикле готовится по схеме: Н-катионирование с «голодной» регенерацией, декарбонизация, двухступенчатое Na-катионирование, аминирование, после этого вода подается в деаэрактор атмосферного типа. Баков запаса ХОВ нет.

В исходной артезианской воде содержание соединений азота колебалось по сезонам года, например, концентрация аммония составляла 150—1500, нитритов — 20÷80, нитратов — 1000÷1300 мкг/л. Наибольшее содержание нитритов было зафиксировано в конденсатах подогревателей исходной и декарбонизированной воды и составляло 83 мкг/л.

По тракту водоподготовительной установки (ВПУ) до декарбонизатора содержание нитритов и нитратов практически не изменялось, содержание аммония уменьшалось в 1,5 раза. За декарбонизатором наблюдалось уменьшение содержания иона аммония в 3—4 раза от исходного и возрастание содержания нитратов и нитритов на 150—200 мкг/л каждого. За Na-катионитными фильтрами II ступени аммоний и нитриты отсутствовали, а содержание нитратов возрастало на 500—600 мкг/л по сравнению с исходной.

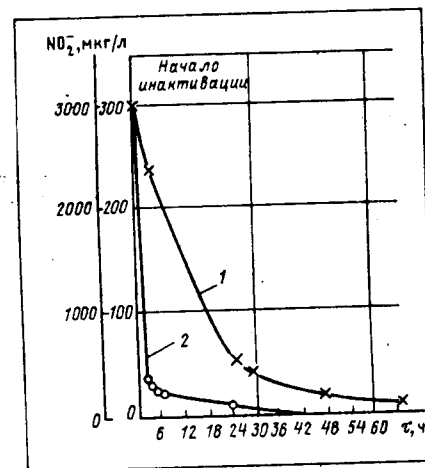
Резкое увеличение содержания нитритов наблюдалось сразу же после ввода аммиака в поток химически очищенной воды за Na-катионитными фильтрами II ступени. Через 4 с после аминирования концентрация нитритов составляла 375—520 мкг/л. На входе добавочной воды в деаэрактор (через 3 мин после аминирования) концентрация их в добавочной воде возрастала до 1500 мкг/л, при этом значение pH аминированной воды снижалось до 7,2—7, а содержание аммиака в добавочной воде достигало 4500 мкг/л.

Ранее высказывалось предположение, что причиной подобного явления может быть микробиологический процесс окисления аммиака нитрифицирующими микроорганизмами.

Для установления истинной причины обогащения питательной воды нитритами к работе были привлечены специалисты-микробиологи МГУ им. М. В. Ломоносова. Из пробы добавочной воды ими были выделены и идентифицированы до рода бактерии нитрификаторы как I фазы, превращающие аммоний в нитрит, так и II фазы, окисляющие нитрит в нитрат.

Данные бактерии используют в качестве основного источника углерода углеродную кислоту или ее соли — карбонаты и бикарбонаты, аммоний или нитриты служат донорами электронов, а кислород используется в качестве конечного акцептора электронов в процессе генерации энергии и фиксации углерода. Нитрификаторы не нуждаются в органических факторах роста, т. е. являются облигатными (строгими, обязательными) хемолитоавтотрофами и практически всегда присутствуют в природных водах.

Следует отметить, что процесс превращения нитритов в нитраты нитрификаторами II фазы в анаэробных условиях может быть обратимым. Имеются серьезные доказательства того, что восстановление нитрата осуществляется той же ферментной системой, что и окисление нитритов в нитраты. Об этом следует помнить при отборе проб питательной воды, так как в «пробоотборных» точках возможны присосы охлаждающей воды, содержащей нитрификаторы. В этом случае весьма вероятно искажение результатов как химического, так



Изменение содержания нитритов в питательной и котловой воде при инактивации бактерий нитрификаторов:

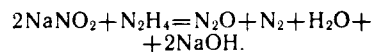
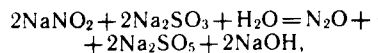
1 — котловая вода; 2 — питательная вода

и микробиологического анализов. Для предотвращения подобной ошибки следует закрыть охлаждающую воду на 10—15 мин. Этим повышается температура и ограничивается жизнедеятельность нитрификаторов.

При микробиологическом окислении одного атома аммиака до нитрата в межклеточном пространстве освобождается 5 ионов водорода, что сильно снижает значение pH, и уже это вызывает серьезную коррозию. Кроме того, промежуточным этапом этого процесса предполагается образование гидроксиламина NH_2OH и нитроксила HNO . Эти соединения остаются, вероятно, связанными с ферментами внутри клетки, но при разруше-

нии клеточных мембран и денатурации ферментов при нагреве они способны усилить коррозию.

Известны способы снижения содержания нитритов — ввод в питательную или котловую воду сульфита натрия (калия) или гидразина:



Однако в данном случае это являлось бы предотвращением следствия, а не причины увеличения концентрации нитритов.

Разработанный ВТИ им. Ф. Э. Дзержинского и одобренный микробиологами

МГУ им. М. В. Ломоносова простой безреагентный способ инактивации нитрифицирующих микроорганизмов в добавочной воде позволил в котельной ПКТС за 6 ч довести содержание нитритов в питательной воде паровых котлов до 20 мкг/л (см. рисунок).

Наблюдение за работой котлов в течение 10 мес показало правильность выбора способа инактивации бактерий нитрификаторов: содержание нитритов в питательной воде не превышало 5, в котловой воде — 80 мкг/л.

Ожидаемый годовой экономический эффект за счет увеличения межремонтного периода работы котлов и сокращения «неорганизованной» продувки — 39,2 тыс. руб.