

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК [620.193.4+620.193.7]:621.8:629.5

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОРРОЗИИ СУДОВЫХ КОТЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

*Горячкин А.В., Дикий Н.А., Мордань Э.А.,
Киевская государственная академия водного транспорта
им. гетмана Петра Конашевича-Сагайдачного*

Увеличение доли NO_2 в NO_x до 33% при сжигании ВТЭ приводит к увеличению растворимости оксидов азота в конденсате серной кислоты на поверхности, что приводит к снижению НТК. Экспериментально получены зависимости убыли металла $\Delta G = f(S^r)$, $\Delta G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^r)$, а также зависимости скорости коррозии от температуры стенки $K = f(t_{cm})$ и содержания воды в ВТЭ $K = f(W^r)$. В области температур стенки 70...130°C при сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ при различных режимах ($\alpha = 1,15...1,45$) и S^r до 2,0% скорость коррозии ниже, чем при сжигании необходимого топлива даже при низких α , при практически отсутствующем «кислотном пике» коррозии.

Ключевые слова: низкотемпературная коррозия, водотопливные эмульсии, скорость коррозии, сжигание необходимого топлива.

Введение. Рост стоимости жидкого топлива, необходимость снижения загрязнения окружающей среды ставят перед судовой энергетикой сложную задачу – наряду с поиском альтернативных видов топлива и вторичных энергоресурсов одновременно повысить эффективность сжигания топлива в тепловых двигателях и котлах, снизить расход сжигаемого топлива и количество токсичных выбросов. Наряду с традиционными процессами теплообмена и аэродинамики в котлах большое влияние на показатели их работы оказывают теплохимические процессы, которые в связи с переходом на тяжелое топливо ограничивают надежность и экономичность работы энергетического оборудования СЭУ [1].

Актуальность исследования. Одними из главных факторов, влияющих на конструктивные особенности главных, вспомогательных (ВК) и утилизационных (УК) котлов, их экономические показатели и эксплуатацию при сжигании сернистых топлив, являются интенсивное загрязнение и коррозия высокотемпературных и низкотемпературных поверхностей нагрева (НТП). Рост скорости коррозии при температурах стенки НТП ниже 140...120°C существенно ограничивает возможности снижения температуры уходящих газов ϑ_{yx} и, следовательно, увеличения КПД котлов и экономии топлива при эксплуатации СЭУ. Для предупреждения или уменьшения низкотемпературной коррозии (НТК) применяются различные мероприятия: поддержание температуры поверхности нагрева $t_{ст}$ выше температуры точки росы (ТТР), ввод присадок

в топливо и дымовые газы, применение кислотоупорных покрытий или стойких к коррозии материалов. Считается, что переход к сжиганию мазута с низкими коэффициентами избытка воздуха $\alpha = 1,03 \dots 1,01$ позволяет в какой-то степени решать проблему, т.к. существенно снижается интенсивность НТК в области «кислотного» пика (при $t_{ст} = 100 \dots 115^\circ\text{C}$) до $0,25 \dots 0,3$ мм/год, но применение этого режима вызывает большие трудности в эксплуатации при организации процесса горения и его автоматизации. Вследствие работы в переменных режимах эксплуатация судовых ВК при таких α вообще невозможна (топливо в них сжигается при $\alpha = 1,1 \dots 1,5$) [2, 3, 5].

В последнее время опубликованы данные о различных методах снижения эмиссии вредных веществ (особенно NO_x). Большое распространение получили и теплехимические методы – впрыск воды, водяного пара в зону горения, использование водотопливных эмульсий (ВТЭ). Общепризнанным направлением повышения эффективности использования жидкого топлива с точки зрения энергосбережения и защиты окружающей среды считается сжигание ВТЭ: при содержании воды до $10 \dots 20$ % КПД котлов может даже повышаться за счет турбулизации факела вследствие «микровзрывов» капель ВТЭ и участия продуктов диссоциации воды (активных H^+ и OH^-) в процессе горения; с увеличением содержания воды в эмульсии обеспечивается уменьшение содержания токсичных компонентов (NO_x , SO_x , CO , бенз(а)пирена). Но практически отсутствуют конкретные сведения о ходе коррозионных процессов на поверхностях нагрева котлов при проведении указанных мероприятий, причем, опубликованные немногочисленные данные носят качественный характер. Это обусловило необходимость решения научно-прикладной задачи получения количественных данных по интенсивности НТК НТП при сжигании ВТЭ, так как они определяют ϑ_{yx} и экономические показатели, а также надежность работы котлов, и как следствие, эффективное использование топлива и вторичных энергоресурсов СЭУ и являются базой рационального проектирования и эксплуатации котлов.

Объектом исследования являются ВК и УК СЭУ; явления, связанные со сжиганием ВТЭ в элементах СЭУ, которые влияют на коррозионные свойства дымовых газов, на экономические показатели котлов и СЭУ. Предмет исследования – низкотемпературные коррозионные процессы в элементах котлов.

Постановка задачи научного исследования:

- установление закономерностей скорости НТК стали 20 при сжигании мазута с $\alpha = 1,01 \dots 1,5$ при разных $t_{ст}$, содержании воды в эмульсии W^r и серы в исходном топливе S^r ;
- исследование процессов, которые могут объяснить механизм низкотемпературной коррозии при сжигании ВТЭ.

Результаты исследования. Исследования НТК при сжигании ВТЭ и стандартных топлив проводились в 25 сериях опытов: при S^r от 0,7% до 2,0%, при α от 1,01 до 1,5, при W^r от 2,0 до 30,0%. Было проведено две серии

опытов при впрыске воды и пара в корень факела в количествах, эквивалентных $W^r = 30\%$.

Исследования кинетики НТК (по убыли металла ΔG) при обеспечении постоянства параметров процессов горения и коррозии позволяют существенно сократить продолжительность трудоемких коррозионных исследований. Графики и уравнения регрессии, значения коэффициентов детерминации R^2 , полученные в результате обработки результатов экспериментов при сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ ($S^r = 1,8\%$; $\alpha = 1,45$) и стандартного топлива (М40 + Ф12) ($S^r = 1,5\%$; $\alpha = 1,35$), с помощью Microsoft Excel, а также системы Mathcad 2001, представлены на рисунке 1. Как показали исследования, время стабилизации скорости коррозии (особенно при сжигании ВТЭ) составляет 2...4 часа. Это позволяет оценить уровень коррозионного процесса и прогнозировать его по результатам исследований кинетики коррозии в течение 2...12 часов. При обработке данных, полученных в течение 2...12 часов, было принято, что коррозионный процесс развивается по степенной зависимости $\Delta G = A \cdot \tau^n$ с начала воздействия потока газов. Правомерность такого решения подтверждают результаты проверочных 100-часовых опытов.

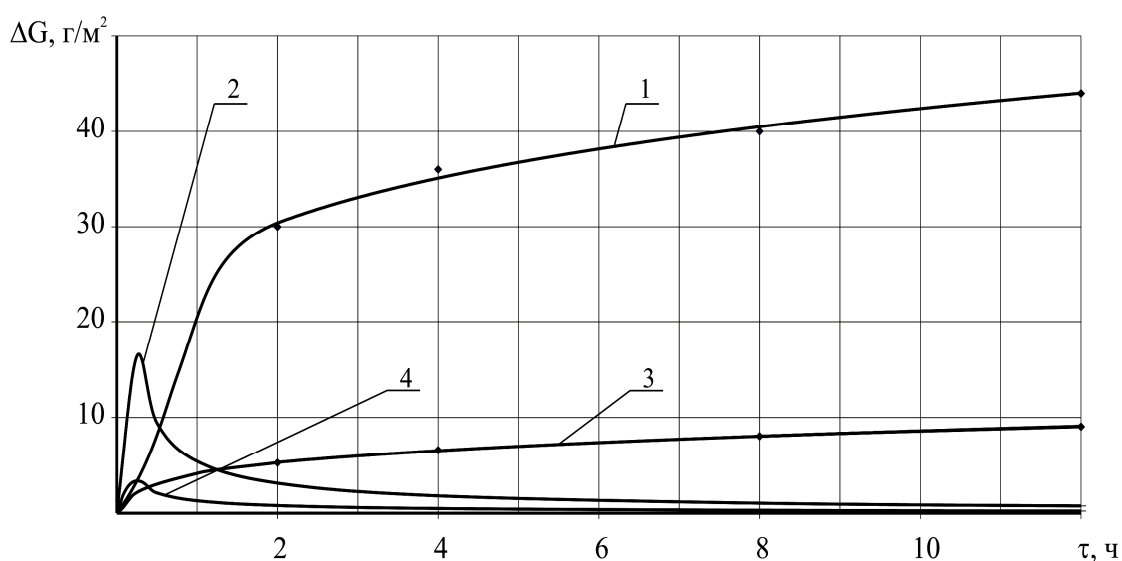


Рисунок 1 – Зависимость $\Delta G = f(\tau)$ и $K = f(\tau)$:

- 1 – $\Delta G = 26,337 \cdot \tau^{0,2068}$ при М40+Ф12 ($W^r = 2\%$, $S^r = 1,5\%$), $\alpha = 1,35$, $\tau = 8$ ч;
 2 – $K = 5,446 \cdot \tau^{-0,7932}$ при М40+Ф12 ($W^r = 2\%$, $S^r = 1,5\%$), $\alpha = 1,35$, $\tau = 8$ ч;
 3 – $\Delta G = 4,3246 \cdot \tau^{0,2992}$ при М40 ($W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$), $\alpha = 1,45$; $\tau = 8$ ч;
 4 – $K = 1,294 \cdot \tau^{-0,7008}$ при М40 ($W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$), $\alpha = 1,45$; $\tau = 8$ ч

На основании зависимостей $\Delta G = f(\tau)$, полученных в области «кислотного» коррозионного пика при $t_{ст} = 105 \dots 115^\circ\text{C}$, по данным 8-часовых опытов были построены зависимости убыли металла ΔG в зависимости от S^r и W^r в эмульсии, и величины α (рис. 2). Незначительный рост ΔG в

зависимости от α и S^r , сближение кривых $\Delta G = f(W^r)$ при $W^r = 30\%$ при разном содержании серы можно объяснить только созданием условий пассивации металла при этом содержании воды в эмульсии. При вводе в топку распыленной воды или водяного пара значение ΔG выше, чем при сжигании ВТЭ. Выбор полного факторного ротатбельного плана (как одного из методов математического моделирования) предоставил возможность оценить совместное влияние рассмотренных 3-х факторов на величину ΔG (рис. 3). Наибольшее влияние на величину ΔG оказывает содержание воды W^r в ВТЭ, затем α и S^r . Графики главных эффектов и взаимодействий, контурный график показывают, что наименьшее значение ΔG может быть получено при $W^r = 30\dots35\%$, $S^r \approx 1,35\%$ и $\alpha = 1,25$.

Количественная оценка интенсивности НТК производилась по значениям мгновенной скорости коррозии, равной $K_M = d(\Delta G)/d\tau = \rho_M d(\Delta\delta)/d\tau$ и средней скорости в промежутке времени $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$, определяемой по формуле (1):

$$K = K_{cp} = \frac{1}{\tau_2 - \tau_1} \int_{\tau_1}^{\tau_2} K_M \cdot d\tau = \frac{\Delta G_2 - \Delta G_1}{\tau_2 - \tau_1} \quad (1)$$

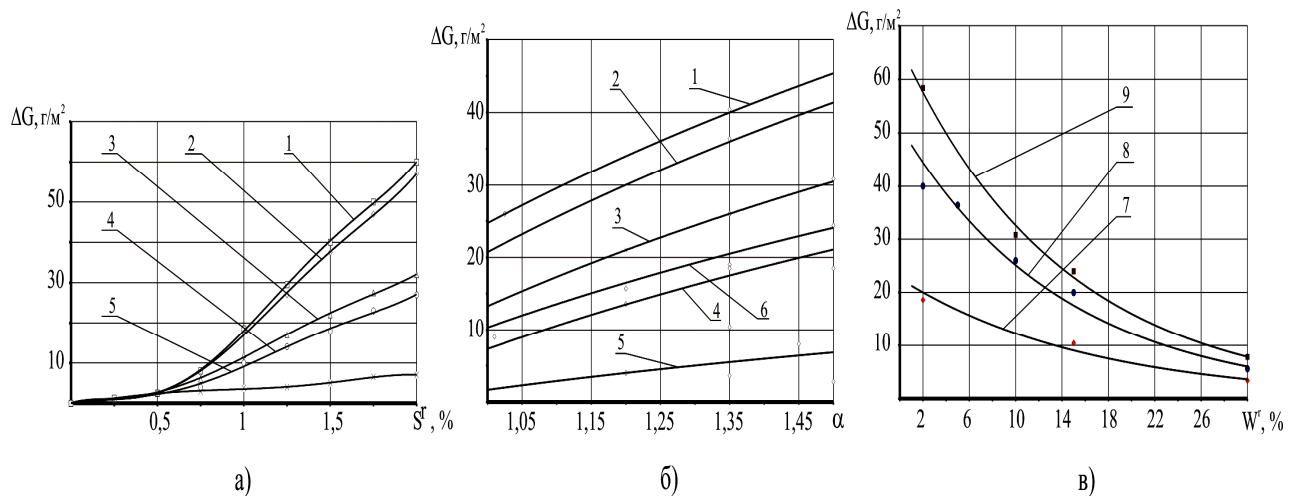


Рисунок 2 – Зависимость ΔG от S^r (а), α (б), W^r (в) при:

- 1 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 2 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 4,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 3 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 10,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 4 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 17,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 5 – М40 ($S^r = 1,8\%$; $W^r = 30,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 6 – М40 ($S^r = 1,5\%$; $W^r = 15,0\%$) $\alpha = 1,35$;
- 7 – М40 ($S^r = 0,98\%$) $\alpha = 1,35$;
- 8 – М40 ($S^r = 1,5\%$) $\alpha = 1,35$;
- 9 – М40 ($S^r = 1,8\%$) $\alpha = 1,40$

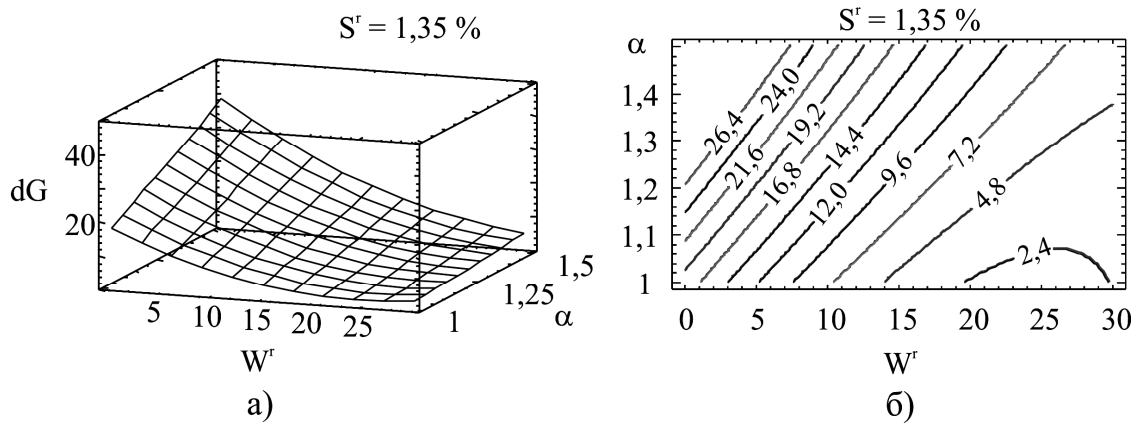


Рисунок 3 – Зависимость dG от α , W^r , S^r :
а) поверхность отклика; б) изолинии dG

Для оценки достоверности полученных регрессионных уравнений, прогнозирующих процесс коррозии, сравнения скоростей коррозии, а также влияния накопившегося слоя продуктов коррозии и установившейся пассивации поверхности металла были проведены исследования НТК при $\tau = 100$ часов. Полученные зависимости $K = f(t_{ст})$ (рис. 4) показывают, что с уменьшением α скорость коррозии (особенно в области «кислотного пика» при $t_{ст} = 105 \dots 115^\circ\text{C}$) снижается. При сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ и повышенном $\alpha = 1,45$ скорость коррозии в 1,5 раза ниже, чем при $\alpha = 1,01$ при практически отсутствующем «пике» коррозии.

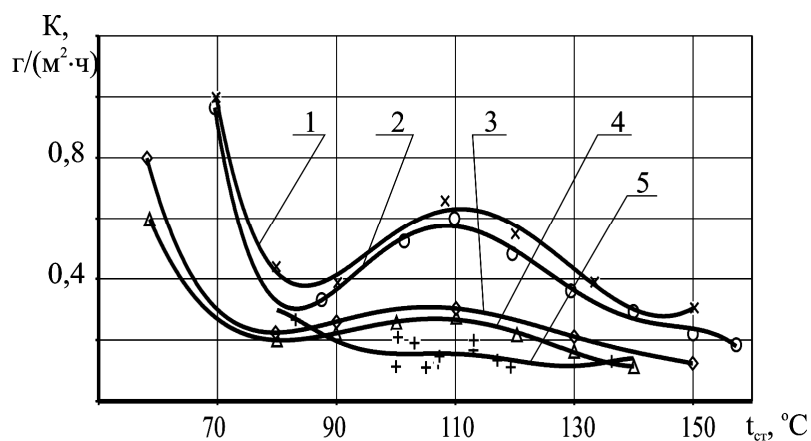


Рисунок 4 – Зависимость $K=f(t_{ст})$ при сжигании:

- 1 – М100 ($S^r = 2,0\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,05$; $\tau = 100$ ч;
- 2 – М100 ($S^r = 2,0\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,025$; $\tau = 100$ ч;
- 3 – М100 ($S^r = 2,0\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,01$; $\tau = 100$ ч;
- 4 – М40 ($S^r = 0,96\%$; $W^r = 2,0\%$) $\alpha = 1,01$; $\tau = 100$ ч;
- 5 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,8\%$; $W^r = 30,0\%$) $\alpha = 1,45$; $\tau = 88$ ч
(данные эксперимента $K_{ср} = 0,2 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при $t_{ст} = 115^\circ\text{C}$, т.е. расхождение составляет около 2%)

Для режима сжигания ВТЭ при $W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$, $\alpha = 1,45$ полученное прогнозируемое значение средней скорости коррозии формула (2) за 88 часов эксперимента составляет

$$K_{CP} = \frac{1}{88} \int_0^{88} 1,294 \cdot \tau^{-0,7002} d\tau = 0,181, \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}). \quad (2)$$

Чтобы убедиться в достоверности полученных результатов исследования кинетики коррозии (экспериментальных данных и прогнозных расчетов), полученных для режимов сжигания ВТЭ, были выполнены аналогичные прогнозныe расчеты для режима сжигания стандартного мазута М100 ($W^r = 2,0\%$, $S^r = 2,0\%$) при $\alpha = 1,025$, что дало возможность сравнить данные прогноза с нашими экспериментальными данными при $\tau = 100$ часов и с результатами исследований за 100 и 1115 часов на действующих котлах. За 100 часов прогнозируемое значение $K_{CP} = 0,56$ г/(м²·ч), при эксперименте $K = 0,58$ г/(м²·ч), т.е. расхождение составляет 3,6%, что полностью согласуется с литературными данными. За 1115 часов при этом режиме $K_{CP} = 0,122$ г/(м²·ч).

При сжигании мазута М100 ($S^r = 2,5\%$; $W^r = 2,0\%$) на котле при среднем значении $\alpha = 1,025$ длительностью 1115 часов, получено среднее значение скорости коррозии (по 2-м змеевикам) при $t_{CT} = 110^\circ\text{C}$ на уровне 0,2 г/(м²·ч) при большем содержании серы, т.е. отклонение от наших прогнозируемых значений скорости коррозии при этой t_{CT} составляет 23,0%.

При этом необходимо обратить внимание на большой разброс данных исследований на котлах при переменных режимах работы. Если учесть, что переменные режимы приводят к увеличению скорости коррозии (как показало аналитическое исследование), то прогнозируемые значения K_{CP} при $\alpha = 1,025$ ($\tau = 1115$ часов) следует рассматривать как достоверные. Поэтому считаем, что также достоверны полученные на этой экспериментальной установке результаты коррозионных исследований и результаты расчетов прогнозов при сжигании ВТЭ.

Для получения сравнительных характеристик и выяснения механизма НТК были проведены комплексные исследования при сжигании ВТЭ и стандартного мазута при W^r , равными 2, 10, 15, 17%; $S^r = 1,5...2,0\%$ и $\alpha = 1,03...1,5$ при $\tau = 6...8$ часов, которые показали, что: скорость коррозии K при сжигании ВТЭ существенно снижается (в области «кислотного пика» в 1,8 раза при $\tau \approx 8$ ч и 5 раз при $\tau \approx 100$ ч из-за создания малопроницаемой для кислоты пленки сульфатов и пассивации) и находится на уровне K при сжигании стандартного мазута с минимальными $\alpha = 1,03...1,04$; общие массопотоки серной кислоты, определяемые по сумме оставшегося количества и прореагировавшей кислоты, при сжигании ВТЭ и стандартного топлива практически равны, а количество оставшейся на поверхности H_2SO_4 при сжигании ВТЭ больше (вследствие снижения скорости коррозии).

Загрязнение поверхности нагрева при сжигании ВТЭ происходит более интенсивно, чем при сжигании стандартного мазута, из-за большей влажности отложений, что способствует налипанию золовых и сажистых частиц. При сжигании эмульсии изменяется характер отложений [6, 8], которые становятся более влажными и многослойными: верхний слой серого цвета предположительно нитрозилсерной кислоты, под ним слой сажи и продуктов коррозии черного цвета, а непосредственно на поверхности металла плотная пленка продуктов коррозии, которая распространяется в зону «кислотного пика» ($t_{ст} = 100...120^{\circ}\text{C}$), что по-видимому, обуславливает снижение скорости коррозии. С увеличением содержания воды в эмульсии количество поглощенных конденсатом оксидов азота (в пересчете на HNO_3) растет, что приводит, по нашему мнению, к усилению пассивации металла (наблюдается характерный блестящий вид поверхности металла после удаления продуктов коррозии) и снижению интенсивности коррозионного процесса. Поглощение оксидов азота при увеличении W^r в ВТЭ подтверждает возможность их участия в процессе образования серной кислоты по нитрозному механизму дополнительно к контактному (основному) процессу образования H_2SO_4 в дымовых газах. Минимальному содержанию Fe^{3+} в отложениях соответствует максимальная скорость коррозии, а максимальному содержанию Fe^{3+} – минимальное ее значение, что подтверждает влияние на интенсивность коррозии явления пассивации.

Результаты специальных исследований концентрации кислот в отложениях показывают, что концентрация H_2SO_4 при сжигании «сухого топлива» в области «кислотного пика» составляет 72%, а при сжигании ВТЭ – 60%, что соответствует режиму нитрозного механизма получения серной кислоты.

По данным исследований (с учетом результатов 100-часовых опытов и аналитических исследований влияния переменных значений α и $t_{ст}$) были построены зависимости $K = f(t_{ст})$ при $\tau = 1000$ ч (рис. 5), которые показывают, что при сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ при различных режимах ($\alpha = 1,15...1,45$) и S^r до 2,0% в области $t_{ст} = 70...130^{\circ}\text{C}$ скорость коррозии находится на уровне 0,2 мм/год и её значение меньше, чем при сжигании необводненного топлива даже при низких α , и при этом практически не наблюдается «кислотный пик» коррозии.

По результатам проведенных исследований и расчетов получены зависимости $K = f(W^r)$ по скорости коррозии при разных $t_{ст}$ при сжигании ВТЭ с W^r от 4 до 30% в 4-х зонах температур стенки: 1) точки росы (130°C); 2) «кислотного пика» (115°C); 3) минимума коррозии ($80...100^{\circ}\text{C}$); 4) второго «пика» коррозии ($60...70^{\circ}\text{C}$) [9].

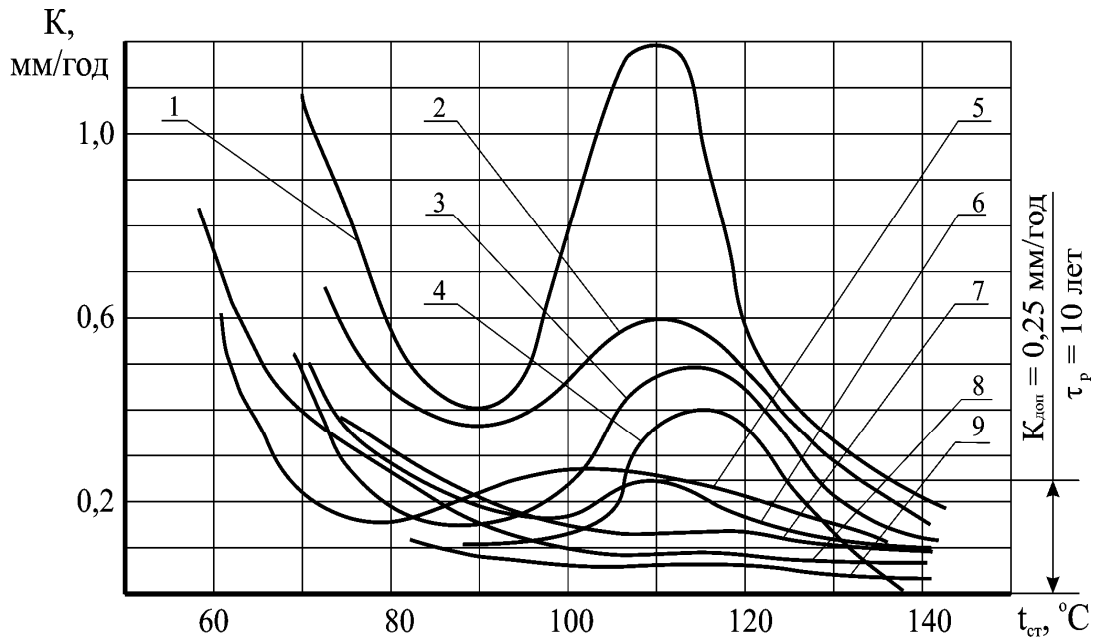


Рисунок 5 – Зависимость $K = f(t_{ст})$ прогноз при $\tau = 1000$ ч (переменные режимы):

- 1 – М100 ($S^r = 2,5$ %; $W^r = 2,0$ %) $\alpha = 1,2$ (лит. дан.);
- 2 – М100 ($S^r = 2,0$ %; $W^r = 2,0$ %) $\alpha = 1,05$;
- 3 – М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 4,0$ %) $\alpha = 1,025$;
- 4 – М100 ($S^r = 2,0$ %; $W^r = 2,0$ %) $\alpha = 1,01$;
- 5 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 10,0$ %) $\alpha = 1,35$;
- 6 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,75$ %; $W^r = 17,0$ %) $\alpha = 1,2$;
- 7 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,8$ %; $W^r = 30,0$ %) $\alpha = 1,45$;
- 8 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 30,0$ %) $\alpha = 1,35$;
- 9 – ВМЭ М40 ($S^r = 1,5$ %; $W^r = 30,0$ %) $\alpha = 1,25$

По данным зависимостей $K = f(t_{ст})$ и $K = f(W^r)$ при $\tau = 1000$ ч предоставляется возможность определить содержание W^r в эмульсии, при котором обеспечивается принятое допустимое значение скорости коррозии $K_{доп}$ в области «кислотного пика», а также минимальную $t_{ст}^{мин}$ в области второго «пика» коррозии, при которой обеспечивается принятое $K_{доп}$. Благодаря преимущественному и противоположному (по сравнению с α) влиянию содержания W^r в ВТЭ, предоставляется возможность, увеличивая W^r в эмульсии до 30%, снизить скорость коррозии. Сжигание ВТЭ с $W^r = 30\%$ позволит также снизить требования к регулированию процесса горения в судовых ВК в широких пределах изменения α , так как скорость коррозии находится в допустимых пределах даже при высоких α , и снизить $\vartheta_{ух}$, что может компенсировать снижение КПД котлов при сжигании ВТЭ с большим W^r .

Выводы.

1. В исследовательской работе предлагается решение важной для судовой энергетики научно-прикладной задачи снижения интенсивности

НТК до економічески прийомлемого рівня (0,2...0,3 мм/год) при температурах поверхностей нагрєва нижє ТТР (70...80 °С), що забезпечує комплексне використання топлив и вторичних енергоресурсов.

2. Получены зависимости убыли металла вследствие коррозии $\Delta G = f(S^r)$, $\Delta G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^r)$ при сжигании ВТЭ, которые могут быть использованы в виде сравнительных характеристик интенсивности НТК при соответствующих режимах.

3. Впервые выявлены закономерности процессов НТК в области $t_{ст} = 70...130^\circ\text{C}$ при сжигании ВТЭ с W^r до 30% при различных режимах ($\alpha = 1,15...1,45$) и S^r в топливе до 2,0%, которые показывают, что скорость коррозии почти в 5 раз ниже, чем при сжигании необводненного топлива даже при низких избытках воздуха, при практически отсутствующем «кислотном пике» коррозии.

4. Зависимости скорости коррозии от температуры стенки $K = f(t_{ст})$ при $\tau = 100$ часов практически характеризуют реальную интенсивность коррозионных процессов при эксплуатации котлов между чистками. Среднее значение скорости коррозии $K_{ср}$ при сжигании ВТЭ с $W^r = 30\%$ и повышенном значении $\alpha = 1,45$ оказалась в 1,5 раза ниже $K_{ср}$ при $\alpha = 1,01$.

5. Полученные результаты могут быть использованы в стационарной энергетике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер З.И. Мазут как топливо. – М.: Недра, 1965. – 495 с.
2. Закиров К.З., Айрих Р.А. Эффективность совместного влияния ввода воды и рециркуляции дымовых газов на образование оксидов азота при сжигании сероводородсодержащего газа в топке котла ТГМП – 114: тезисы конференции [«Оксиды азота в продуктах сгорания и их образование в атмосфере»]. – Киев, 1987.
3. Магадеев В.Ш. Коррозия газового тракта котельных установок. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
4. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – Л.: Недра, 1977. – 294 с.
5. Стриха И.И. Эколого-экономические показатели работы котла ТГМЕ-206 при сжигании обводненных мазутов // Изв. вузов. Серия "Энергетика". – 1997. – № 7-8. – С. 45-53.
6. Эффективность применения водотопливных эмульсий в судовых котлах / В.Н. Стаценко, В.М. Суменков, Ю.С. Селезнев // Судостроение. – 1999. – № 2.
7. Авдуевский В.С., Пирулов У.Г. Снижение выбросов окислов азота от энергетических установок путем ввода воды в зону горения факела // Труды МЭИ. – Москва, 1984. – 250 с.
8. Тув И.А. Сжигание обводненных мазутов в судовых котлах. – Л.: Судостроение, 1968. – 216 с.

9. Подавление оксидов азота впрысками воды в зону горения на паровом котле ТГМП-314Ц / [В.И. Кормилицын, М.Г. Мысков, И.Г. Збраилов и др.] // Труды МЭИ. – Москва, 1987. – 165 с.

Горячкін А.В., Дикий М.О., Мордань Е.А. ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ КОРОЗІЇ СУДНОВИХ КОТЛІВ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Збільшення частки NO_2 в NO_x до 33% при спалюванні ВПЕ призводить до збільшення розчинності оксидів азоту в конденсаті сірчаної кислоти на поверхні, що призводить до зниження інтенсивності НТК. Експериментально отримані залежності збутку металу $G = f(S^r)$, $G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^r)$, а також залежності швидкості корозії від температури стінки $K = f(t_{cm})$ і вмісту води у ВПЕ $K = f(W^r)$. В області температур стінки 70...130°C при спалюванні ВПЕ з $W^r = 30\%$ при різних режимах α ($\alpha = 1,15...1,45$) і S^r до 2,0% швидкість корозії нижча, ніж при спалюванні необхідного палива навіть при низьких α , при практично відсутньому «кислотному піку» корозії.

Ключові слова: низькотемпературна корозія, водопаливні емульсії, швидкість корозії, спалювання необхідного палива.

Goryachkin A.V., Dikiy N.A., Mordan E.A. WAYS OF DECREASING THE INTENSITY OF LOW-TEMPERATURE CORROSION OF SHIP'S BOILERS IN COMBUSTION OF WATER-FUEL EMULSIONS

The increase of the share of NO_2 in NO_x to 33% at incineration of WFE results in the increase of solubility of nitrogen oxides in the runback of sulfuric acid on the surface, that results in the decline of LTC. Dependences of decrease of metal $\Delta G = f(S^r)$, $G = f(\alpha)$, $\Delta G = f(W^r)$ are experimentally obtained, as well as dependences of speed of corrosion on the temperature of wall to $K = f(t_{cm})$ and contents of water in WFE to $K = f(W^r)$. In the range of temperatures of wall 70...130°C at incineration of WFE with $W^r = 30\%$ under different modes ($\alpha = 1,15...1,45$) and S^r to 2,0% speed of corrosion is lower, than in incineration of the water-free fuel even at low α , under practically absent «acid peak» of corrosion.

Key words: low-temperature corrosion, water-fuel emulsions, speed of corrosion, incineration of the water-free fuel.