

- trometallurgy*, 2006, no.4, pp. 37-42. (Rus.)
5. Semahin V.V., Vjal'shina L.E. Optimizatsiya sushki i vysokotemperaturnogo nagreva futerovki kovshei [Optimization of drying and high temperature heating of ladle lining]. *Metallurg – Metallurgist*, 2004, no.6, pp. 58-59. (Rus.)
 6. Beicun S.V., Michalovsiy N.V., Murdij V.Ju. Issledovaniye na komp'yuternoy modeli dlya nagreva kovshei [Research on a computer model for heating ladles]. *Visnik Priazovskogo derzhavnogo tehničnogo universitetu. Seriya: Tehnichni nauki – Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical sciences.*, 2015, iss. 30, no.1, pp. 106-111. (Rus.)
 7. Volkova O., Sahebkar B., Hubalkova J., Aneziris C.G., Scheller P.R. Ladle Heating Procedure and Its Influence on the MgO-C-Oxidation. *Materials and Manufacturing Processes*, 2008, vol. 23, iss. 8, pp. 758-763.
 8. Glaser B., Gornerup M., Sichen D. Thermal Modelling of the Ladle Preheating Process. *Steel research*, 2011, no.12, pp. 1425-1434.
 9. Sushchenko A.V., Nosochenko O.V., Khaznaferov M.L., Taushan I.I., Travinchev A.I. Development and commercial introduction of a pulse regime for heating stands used to dry and heat steel-pouring ladles. *Metallurgist*, 2002, vol. 46, no.9-10, pp. 271-275.
 10. Krivandin V.A. *Metallurgicheskaya teplotekhnika* [Metallurgical heat-engineering]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1986. 424 p. (Rus.)

Рецензент: В.А. Маслов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ЛПТУ»

Статья поступила 15.08.2017

УДК 629.128:621.359.7

© Філіпчук О.М.*

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО СОЛЕВМІСТУ ВОДОМАЗУТНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Представлено аналіз статистичних даних і результатів експериментальних досліджень швидкостей високотемпературної корозії сталей (ВТК) 1Х18Н10Т і сталі 20 в елементах суднових енергетичних установок при спалюванні з надлишком повітря $\alpha = 1,5$ й $3,0$ водомазутних емульсій (ВМЕ) з водовмістом $W^r = 30\%$ із солевмістом у діапазоні $16,9 \dots 490$ мг/л. На підставі побудованих номограм надається можливість вибору необхідного солевмісту ВМЕ для забезпечення допустимого рівня інтенсивності ВТК при різних температурах металу стінки поверхні нагрівання і надлишках повітря різних марок сталі.

Ключові слова: високотемпературна корозія, водопровідна вода, дистиллят, мазут, водомазутна емульсія, солевміст.

Філіпчук А.Н. Определение допустимого солесодержания водомазутных эмульсий. Представлен анализ статистических данных и результатов экспериментальных исследований скоростей высокотемпературной коррозии (ВТК) сталей 1Х18Н10Т и стали 20 в элементах судовых энергетических установок при сжигании с избытком воздуха $\alpha = 1,5$ и $3,0$ водомазутных эмульсий (ВМЭ) с водосодержанием $W^r = 30\%$ с солесодержанием в диапазоне $16,9 \dots 490$ мг/л. На основании построенных номограмм предоставляется возможность выбора необходимого солесодержания ВМЭ для обеспечения допустимого уровня интенсивности ВТК при различных температурах металла стенки поверхности нагрева и избытках воздуха разных марок стали.

* ст. викладач, Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Херсон, filipschuk5@gmail.com.

Ключевые слова: высокотемпературная коррозия, водопроводная вода, дистиллят, мазут, водомазутная эмульсия, солесодержание.

О.М. Filipshchuk. Determination of permissible salt content in oil-water emulsion. The analysis of statistical data and results of the experimental research of high temperature corrosion speed in steel 1X18H10T and steel 20 in the parts of the marine power plant at combustion of oil-water emulsion with air excess $\alpha = 1,5$ and $\alpha = 3,0$ with water content $W^* = 30\%$ and salt content over the range 16,9 to 490 mg/l is presented. On the basis of the plotted nomograms there is a possibility to choose the permissible salt content of oil-water emulsion depending on the speed of high temperature corrosion for carbon steel 20 and austenitic steel 1X18H10T at different temperatures of the heated surface wall metal and air excess in different grades of steel that makes it possible: to determine salt content in oil-water emulsion at the pre-set temperature of the heated surface metal at which permissible speed of high temperature corrosion of the given steel grade is provided; to determine the possible speed of high temperature corrosion at certain metal temperature and pre-set value of air excess α depending on salt content of water which can be obtained on board the ship and used to get oil-water emulsion with $W^* = 30\%$; to determine the allowable range of salt content in the mixture of different types of water, available on board the ship, which can be used for fire neutralization in oil-water emulsion composition while providing permissible limits of high temperature corrosion speeds. The results of the conducted research on corrosion intensity allow to determine the required quality of water used for making oil-water emulsion. Knowing the permissible water quality (its salt content) it is also possible to estimate the reserves of various types of fresh water available on board the ship and the possibility of obtaining some additional amount of distillate on board the ship where combustion of oil-water emulsions with 30% water content in the ship power plant is planned.

Keywords: high temperature corrosion, tap water, distillate, fuel oil, oil-water emulsion, salt content.

Постановка проблеми. Хімічний склад води (концентрація солей), що використовується для приготування водомазутної емульсії (ВМЕ), визначає температуру кипіння води в її краплях, характер їхніх мікробухів, що впливає на процес її горіння, склад потоку газів, розміри й кількість твердих часток, мінеральний склад відкладень й, отже, на інтенсивність низькотемпературної (НТК) і високотемпературної (ВТК) корозії. Мінералогічний склад води ВМЕ вносить зміни в вмісті Na і Cl у відкладеннях золи палива на поверхнях нагрівання й впливає на їхню температуру плавлення, а, отже, і на інтенсивність корозійних процесів. У цей час якісні показники води, яку можна використати для підготовки водомазутної емульсії (ВМЕ), не регламентовані (у публікаціях використовуються тільки терміни – прісна вода, водопровідна вода, дистиллят, нафтовмісткі води, стічні води) без вказівки допустимої кількості мінеральних домішок, які істотно впливають на інтенсивність корозійних процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. По даним [1-3] збільшення змісту натрію й хлору в рідких розплавлених ванадатах на поверхні нагрівання призводить до зміни їхніх дифузійних властивостей стосовно кисню й знижує температуру плавлення. Натрій не приймає участі в процесах корозії, що підтверджується майже повною відсутністю його в оксидних окалинах [2]. Але тому що швидкість установаження напівпровідних властивостей рідких ванадатів натрію й заліза з киснем набагато вище, ніж для рідкого V_2O_5 , то внаслідок збільшення електропровідності розплаву швидкість сорбції кисню вище, ніж для рідкого V_2O_5 . Поява рідкої фази є основною причиною прискореної дифузії окислювача й, отже, визначає швидкість ВТК по електрохімічному механізму. Тому додаткове уведення Na з водою, що використовується для приготування ВМЕ, може дуже вплинути на інтенсивність ВТК.

По даним [1-3] при спалюванні сірчистих палив навіть невелика кількість лужних хлоридів у суміші із сульфатами значно підвищує інтенсивність високотемпературної корозії (ВТК) сталі. Підвищення температури на поверхні шару сульфатів при збільшенні його товщини приводить до появи розплаву, який проникає до поверхні металу, що приводить до збільшення інтенсивності корозії по електрохімічному механізму, що посилюється з підвищенням температури.

По даним [4] при спалюванні кавітаційно підготовленої оремульсії спостерігається зниження інтенсивності ВТК, повне очищення поверхні труб пароперегрівника котла, що, на нашу думку, пояснюється вибуховим характером згоряння краплі ВМЕ, внаслідок чого виникає акустичний вплив звукових хвиль, що приводить до значного зменшення товщини шару забруднень, а значить і температури на їхній поверхні.

В [5] представлені результати дослідів при упорскуванні води в ГТУ: господарсько-питної – із жорсткістю $Ж = 13,5...15$ мг-екв/л; промислової – з $Ж = 4...4,5$ мг-екв/л; хімічно очищеної (котлової) – з $Ж = 0,005...0,01$ мг-екв/л. При використанні промислової (річкової) води, й особливо господарсько-питної, кількість відкладень збільшується в 2 й 5 разів, відповідно. Результати цих досліджень показують, що для готування водопаливної емульсії необхідна вода з якістю на рівні хімічно очищеної котлової води. Солі жорсткості безпосередньо не беруть участь у корозійному процесі, але впливають на кількість відкладень і тим самим на збільшення товщини шару забруднень, що підвищує їхню температуру на поверхні шару і, відповідно, швидкість ВТК.

На думку [6], підвищений вміст води й хлористих солей у нафтозалишках не може слугувати серйозною перешкодою для їхньої утилізації в головних котлах танкерів. Досвід спалювання нафтозалишків, відмитих підігрітою заборотною водою, свідчить про необхідність зниження в них солевмісту до 200-250 мг/л шляхом промивання прісною водою, тому що інакше підвищений вміст хлористих солей у мазутах і нафтових залишках приводить до утворення на пароутворюючих поверхнях котлів товстого шару сольових відкладень, що погіршують процес теплообміну в топці й зменшують паропродуктивності котла, та збільшення ВТК.

Розгляд взаємозв'язку між кількістю хлору в паливі й вмістом сульфатів у відкладеннях, кількість яких визначає інтенсивність ВТК, показує, що при вмісті Cl у паливі до 0,5% кількість відкладень росте незначно, а, отже, так само повинен відбуватися й процес ВТК [1]. Зміна інтенсивності корозії й забруднення поверхонь нагрівання в часі у великому ступені визначаються реакцією сполуки хлору за участю оксидів сірки, швидкість якої зменшується в часі внаслідок зникнення Cl . При наявності водяної пари у газах крім відзначених компонентів корозійне середовище містить радикали гідрооксиду, атомарного кисню й водню, які також можуть хімічно взаємодіяти з лужними металами [1, 2], що підсилює швидкість ВТК.

Мета статті. Визначення допустимого солевмісту ВМЕ, при якому інтенсивність ВТК елементів енергетичних установок перебуває в допустимих межах (при різних надлишках повітря α і температурах стінки $t_{ст}$) для сталей 1X18H10T і сталі 20, які визначають діапазон стійкості до ВТК застосовуваних в СЕУ сталей.

Виклад основного матеріалу. Для виконання поставлених у роботі цілей були проведені порівняльні дослідження швидкості ВТК сталей 1X18H10T і сталі 20 при спалюванні стандартного мазуту М40 ($W^r = 2,0\%$, $S^r = 1,8\%$) і ВМЕ ($W^r = 30\%$), що приготовлена з водою різної якості (різного солевмісту) [7, 8].

Для підвищення вірогідності оцінки впливу різних факторів (і особливо солевмісту ВМЕ) дослідження були проведені на експериментальній установці, що забезпечує сталість параметрів горіння ВМЕ (надлишку повітря, витрати й температури газів перед зразками труб), а також сталість температури металу досліджуваних марок сталей.

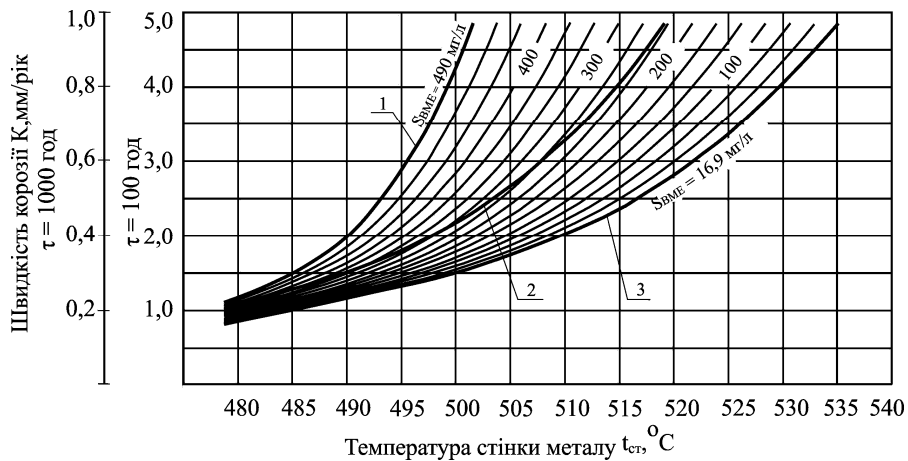
При проведенні експериментальних досліджень для приготування ВМЕ використовувалася водопровідна вода (солевміст прісної води $S_{пв}$ після хлорування 1482 мг/л, жорсткість 14,9 мг-екв/л, рН = 7,69) (позначення ВМЕ (М40+ВВ)). При водовмісті 30% отриманий солевміст ВМЕ на рівні $S_{вме} = 490$ мг/л. При використанні дистилату із солевмістом 50 мг/л отриманий мінімальний солевміст ВМЕ з $S_{вме} = 16,9$ мг/л (позначення ВМЕ (М40+Д)). Необхідно підкреслити, що по даним [6] при спалюванні нафтових залишків після мийки танків (у вигляді ВМЕ практично з таким же водовмістом) рекомендується зниження в них солевмісту до 200...250 мг/л (середнє значення досліджуваного в даній роботі інтервалу $S_{вме}$), що забезпечує відсутність ванадієвої високотемпературної корозії.

Вибір значення надлишку повітря α на рівні 1,5 обумовлений тим, що при зростанні α до 1,5 швидкість корозійних процесів істотно збільшується, а після $\alpha > 1,5$ швидкість корозії практично стабілізується. При збільшенні вмісту сірки до 2% швидкість корозії істотно зростає, а потім стабілізується [2]. Як показали проведені дослідження, швидкості корозії при значеннях α , рівних 1,5 й 1,35, при однакових температурах металу відрізняються приблизно на 2% [8].

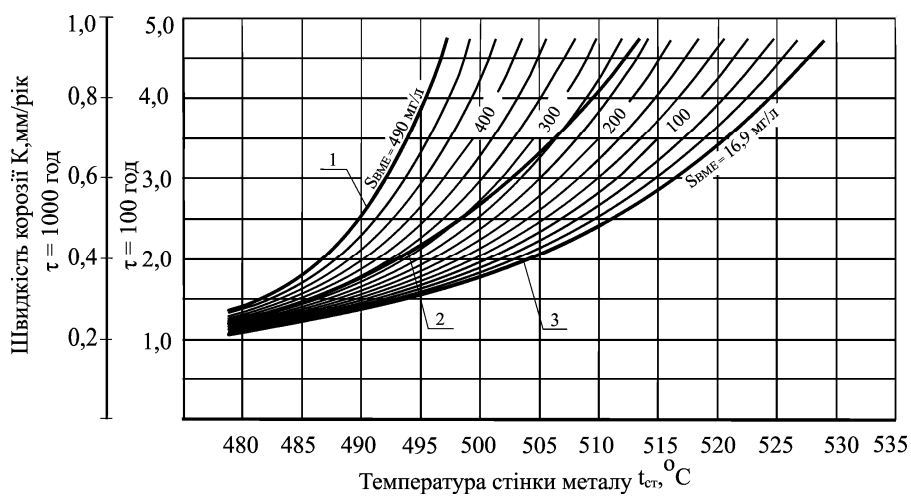
Вибір для експериментів двох марок сталей (сталь 20 й 1X18Н10Т), у яких максимальні значення швидкості ВТК перебувають на протилежних сторонах інтервалу впливу $t_{ст}$ для застосування в СЕУ основних марок сталей (максимальні для сталі 20 при $t_{ст} \approx 500^\circ\text{C}$, а для сталі 1X18Н10Т - при $t_{ст} \approx 630^\circ\text{C}$), дозволить поширити висновки про допустимий солеміст ВМЕ й на інші марки сталей, тому що по даним [1] значення корозійної стійкості різних сталей до ВТК перебувають між значеннями для сталі 20 й 1X18Н10Т.

З огляду на викладене й необхідність порівняння отриманих результатів експериментальних досліджень із опублікованими даними, дослідження були проведені при двох граничних значеннях солемісту S ($S_{пв}$ й $S_{вме}$) при $\alpha = 1,5$ й $3,0$ і $W^T = 30\%$.

Незважаючи на те, що тривалість дослідів становила 100 годин (при забезпеченні достатньої при корозійних дослідженнях точності на рівні 10%), проведені експериментальні дослідження кінетики розвитку корозії й отримані на їхній основі регресійні рівняння [8] дозволяють здійснити оцінку припустимого рівня ВТК при тривалості $\tau = 1000$ годин (а також при більших значеннях τ), за значенням якої приймається рішення про значення параметрів, при яких досягається допустиме значення швидкості ВТК. Тому на рис. 1-4 представлені дві шкали швидкостей ВТК (при $\tau = 100$ годин за результатами експериментальних досліджень і прогнозовані значення при $\tau = 1000$ годин по регресійних рівняннях, що отримані за результатами кінетики ВТК) [8].



а)



б)

Рис. 1 – Залежності швидкості ВТК сталі 20 залежно від зміни $t_{ст}$ і значень солемісту $S_{вме}$ при спалюванні мазуту й ВМЕ при: а – $\alpha = 1,5$; б – $\alpha = 3,0$ ($\tau = 100$ год і $\tau = 1000$ год; 1 – водопровідна вода, позначення ВМЕ (М40+ВВ), 2 – мазут М40, 3 – дистиллят, позначення ВМЕ (М40+Д))

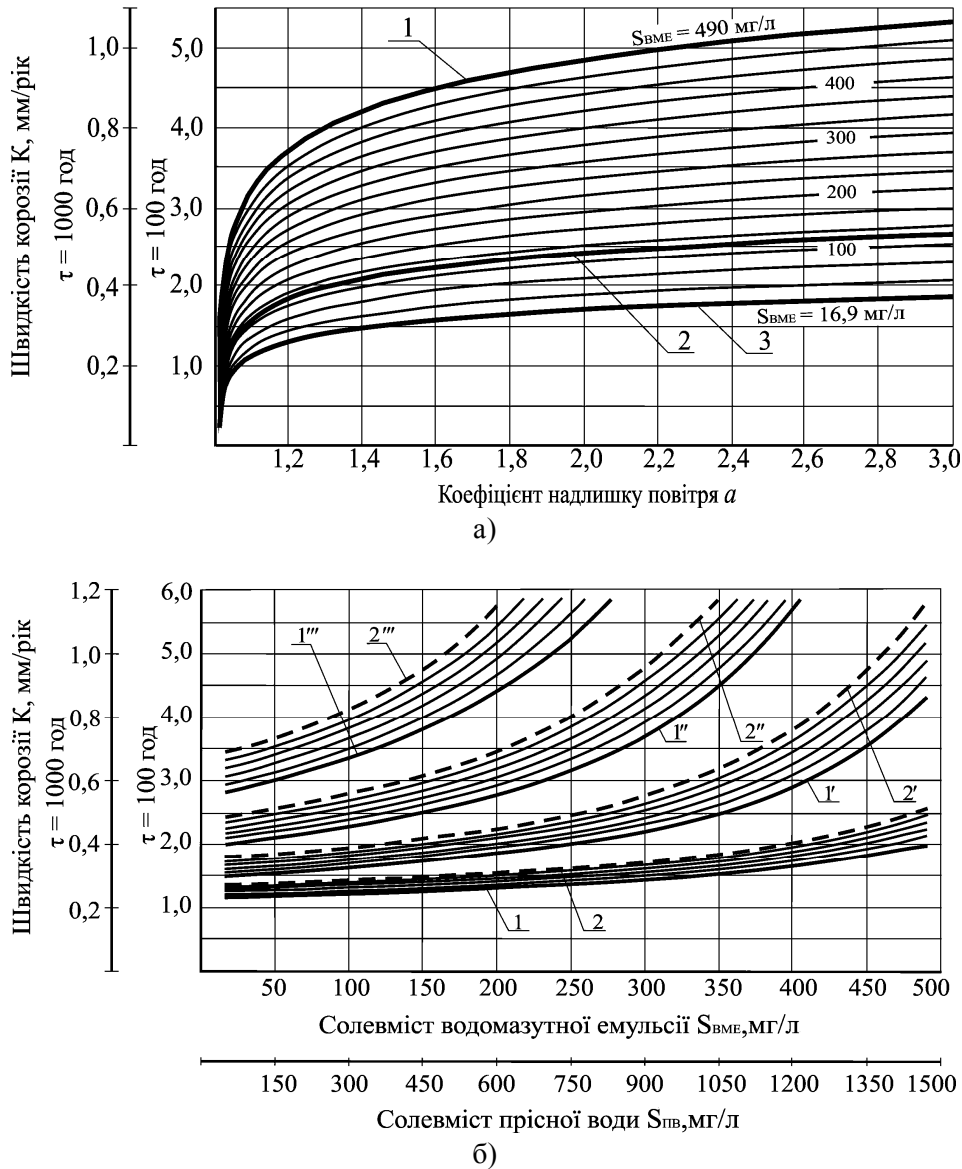


Рис. 2 – Номограма оцінки рівня ВТК сталі 20 при спалюванні ВМЕ на основі мазуту М40 з $W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$, $\tau = 100$ год і $\tau = 1000$ год: а – при зміні коефіцієнта надлишку повітря $\alpha = 1,01 \dots 3 \dots 3,0$ (1 – водопровідна вода, позначення ВМЕ (М40+ВВ), 2 – мазут М40, 3 – дистилат, позначення ВМЕ (М40+Д)); б – при зміні солевмісту $S_{\text{ВМЕ}} = 16,9 \dots 490$ мг/л ($S_{\text{ПВ}} = 1482 \dots 50$ мг/л); при $t_{\text{ст}} = 490^\circ\text{C}$: 1 – $\alpha = 1,5$, 2 – $\alpha = 3,0$; при $t_{\text{ст}} = 500^\circ\text{C}$: 1' – $\alpha = 1,5$, 2' – $\alpha = 3,0$; при $t_{\text{ст}} = 510^\circ\text{C}$: 1'' – $\alpha = 1,5$, 2'' – $\alpha = 3,0$; при $t_{\text{ст}} = 520^\circ\text{C}$: 1''' – $\alpha = 1,5$, 2''' – $\alpha = 3,0$; крок зміни коефіцієнта надлишку повітря – $\Delta\alpha = 0,3$

На рис. 1 представлені експериментально отримані граничні значення швидкості ВТК сталі 20 при спалюванні стандартного мазуту й ВМЕ при солевмісті $S_{\text{ВМЕ}} 490$ мг/л й $16,9$ мг/л при температурах $t_{\text{ст}}$ у межах $475 \dots 530^\circ\text{C}$. У зв'язку з тим, що точність визначення швидкості ВТК становить 10% , було прийнято рішення про рівномірний розподіл шкали солевмісту в межах дослідженого інтервалу їхніх значень. Таким чином, на підставі експериментальних досліджень з метою визначення необхідної швидкості ВТК при заданій температурі стінки була побудована номограма для вибору максимального значення солевмісту при спалюванні ВМЕ з водомісткістю $W^r = 30\%$ при $\alpha = 1,5$ (рис. 1, а). Наприклад, якщо необхідно забезпечити допустиму швидкість ВТК на рівні $K_{\text{доп}} = 0,35$ мм/рік (у перерахуванні на $\tau = 1000$ година), як пропонується в [2], то вона може бути досягнута: при солевмісті ВМЕ $16,9$ мг/л при $t_{\text{ст}}$ на рівні 507°C ,

при солемісті ВМЕ 490 мг/л – при $t_{ст}$ нижче 495°С. Якщо при $t_{ст} = 505^{\circ}\text{C}$ допустиме значення рівня швидкості ВТК повинне перебувати на рівні 0,35 мм/рік, то необхідно забезпечити солеміст ВМЕ близько 125 мг/л. Якщо ж необхідно одержати допустиму швидкість ВТК при 500°С, то тоді необхідно забезпечити солеміст на рівні 200 мг/л (що відповідає даним [6]). Якщо при цієї $t_{ст}$ застосувати для приготування ВМЕ дистилат з $S_{пв} = 50$ мг/л (солеміст ВМЕ $S_{вме} = 16,9$ мг/л), то тоді швидкість ВТК сталі 20 складе близько 0,28 мм/рік.

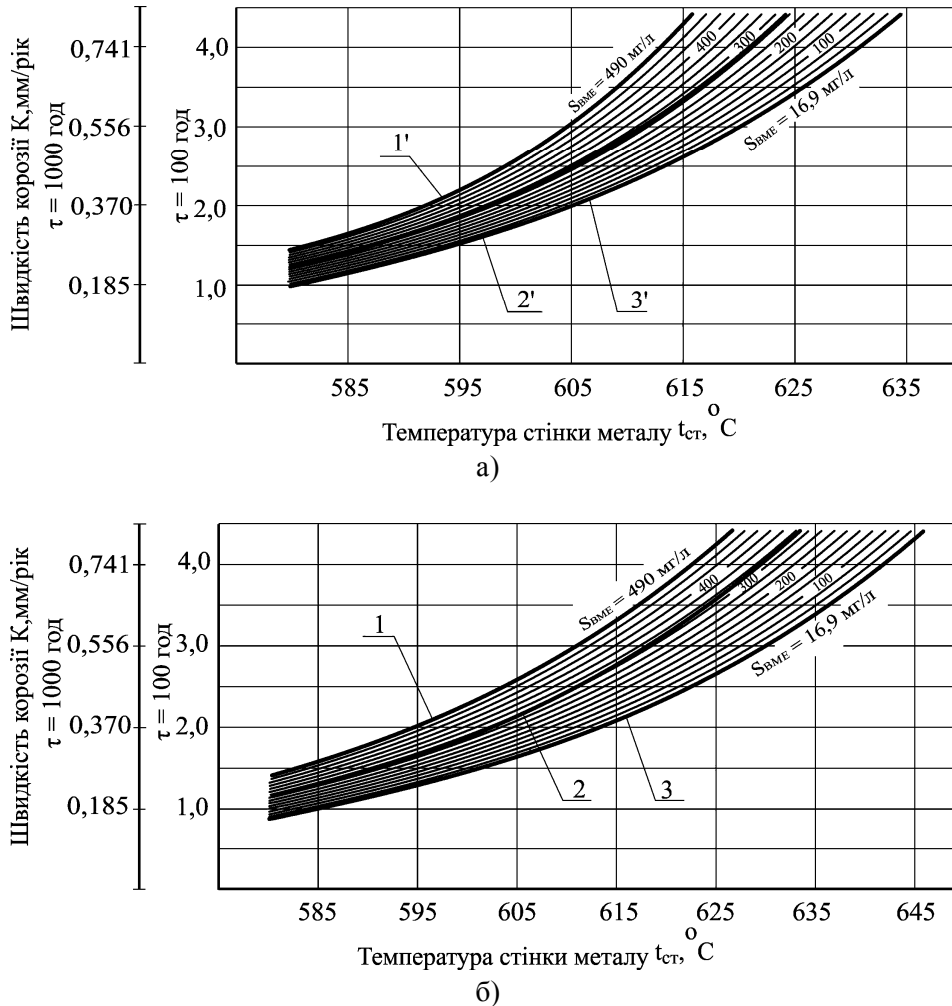


Рис. 3 – Залежності швидкості ВТК сталі 1X18H10T у залежності від зміни $t_{ст}$ і значень солемісту $S_{вме}$ при спалюванні мазуту й ВМЕ при: а – $\alpha = 1,5$; б – $\alpha = 3,0$ ($\tau = 100$ год і $\tau = 1000$ год; 1 – водопровідна вода, позначення ВМЕ (M40+BB), 2 – мазут M40, 3 – дистилат, позначення ВМЕ (M40+Д))

На рис. 1,б представлені залежності швидкості ВТК сталі 20 залежно від $t_{ст}$ і значень солемісту ВМЕ при спалюванні мазуту й ВМЕ з коефіцієнтом надлишку повітря α , рівного 3,0. По цій номограмі надається можливість оцінити рівень ВТК деталей ДВЗ при різному солемісті емульсій, що спалюють у ДВЗ.

На підставі проведених експериментальних й аналітичних досліджень побудована номограма оцінки рівня ВТК сталі 20 (рис. 2,а) при зміні α і солемісту S при температурі стінки 500°С (такі ж номограми за результатами проведених досліджень можливо побудувати й для інших значень $t_{ст}$). За результатами експериментальних досліджень й отриманих регресійних рівнянь були побудовані залежності $K = f(\alpha)$ для мазуту й двох сортів ВМЕ із солемістом 490 мг/л (ВМЕ (M40+BB)) і 16,9 мг/л (ВМЕ (M40+Д)). Застосувавши рівномірний розподіл значень S по осі абсцис можлива побудова залежності $K = f(S)$ при різних α (рис. 2,б). Отже, тоді можливо визначити швидкість ВТК при різних значеннях $S_{вме}$ і α при відповідних значеннях $t_{ст}$.

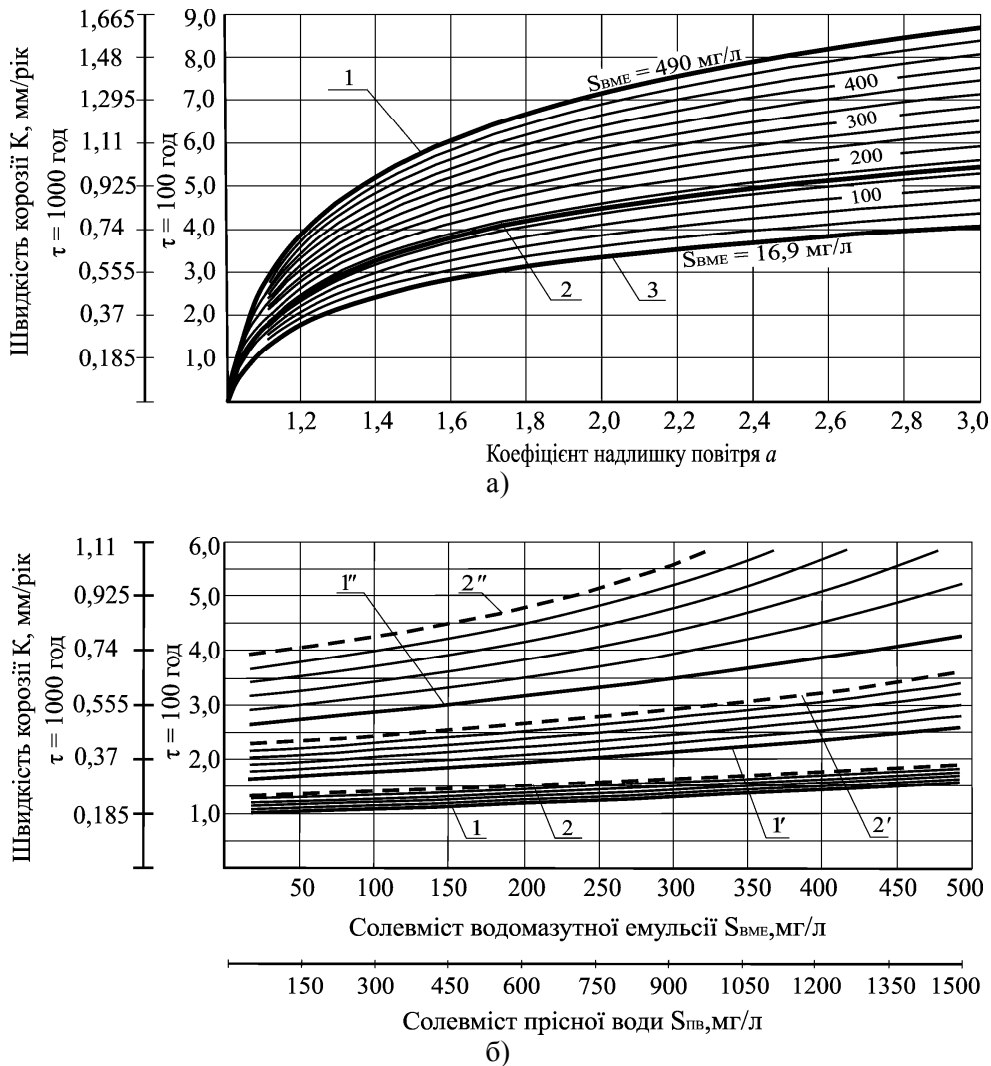


Рис. 4 – Номограма оцінки рівня ВТК сталі 1X18H10T при спалюванні ВМЕ на основі мазуту М40 з $W^r = 30\%$, $S^r = 1,8\%$, $\tau = 100$ год і $\tau = 1000$ год: а – при зміні коефіцієнта надлишку повітря $\alpha = 1,01 \dots 3 \dots 3,0$ (1 – водопровідна вода, позначення ВМЕ (М40+ВВ), 2 – мазут М40, 3 – дистиллят, позначення ВМЕ (М40+Д)); б – при зміні солевмісту $S_{ВМЕ} = 16,9 \dots 590$ мг/л ($S_{пв} = 1482 \dots 50$ мг/л); при $t_{ст} = 490^\circ\text{C}$: 1 – $\alpha = 1,5$, 2 – $\alpha = 3,0$; при $t_{ст} = 610^\circ\text{C}$: 1' – $\alpha = 1,5$, 2' – $\alpha = 3,0$; при $t_{ст} = 630^\circ\text{C}$: 1'' – $\alpha = 1,5$, 2'' – $\alpha = 3,0$; крок зміни коефіцієнта надлишку повітря – $\Delta\alpha = 0,3$

Проведені експериментальні й аналітичні дослідження за прийнятою методикою для сталі 20 дозволили побудувати аналогічні номограми і для сталі 1X18H10T.

На рис. 3,а представлена номограма оцінки рівня ВТК сталі 1X18H10T у залежності від $t_{ст}$ і значень S при спалюванні мазуту й ВМЕ з $\alpha = 1,5$ (для котлів), а на рис. 3,б – аналогічні залежності при $\alpha = 3,0$ (для ДВЗ). При рівні допустимої швидкості ВТК, рівному 0,35 мм/рік, при солевмісті ВМЕ 16,9 мг/л (при використанні дистилляту з $S_{пв} = 50$ мг/л) можливо застосування цієї сталі при $t_{ст} = 618^\circ\text{C}$, а при солевмісті ВМЕ 490 мг/л (при використанні водопровідної води з $S_{пв} = 1482$ мг/л) допустима $t_{ст}$ становить 610°C .

На підставі проведених експериментальних й аналітичних досліджень на рис. 4,а представлена номограма оцінки рівня ВТК сталі 1X18H10T при зміні α і солевмісту S при температурі стінки 630°C (такі ж номограми за результатами проведених досліджень можливо побудувати й для інших значень $t_{ст}$). За результатами експериментальних досліджень й отриманих регресійних рівнянь були побудовані аналогічні залежності $K = f(\alpha)$ для мазуту й двох сортів ВМЕ із солевмістом 490 мг/л (ВМЕ (М40+ВВ)) і 16,9 мг/л (ВМЕ (М40+Д)). Застосувавши рів-

номірний розподіл значень S по осі абсцис, можлива побудова залежності $K = f(S)$ при різних α (рис. 4,б). Отже, тоді можливо визначити швидкість ВТК при різних значеннях $S_{\text{ВМЕ}}$ й α при відповідних значеннях $t_{\text{ст}}$.

Таким чином, проведені дослідження показують, що в кожному разі для готування ВМЕ бажано використати дистилат із солевмістом на рівні 50 мг/л, щоб забезпечити солевміст ВМЕ на рівні 16,9 мг/л. Можна рекомендувати збільшення солевмісту ВМЕ до рівня 200 мг/л ($S_{\text{ВМЕ}}$), що збігається з думкою [6]. При цьому солевміст води, що використовується для приготування ВМЕ з $W^r = 30\%$, повинен бути на рівні ~ 500 мг/л (за умови відсутності хлоридів у вихідному мазуті).

Висновки

1. Отримано номограми для визначення допустимого солевмісту ВМЕ залежно від швидкості ВТК для вуглецевої сталі 20 й аустенітної сталі X18H10T при різних температурах стінки, які дозволяють:

- визначити солевміст ВМЕ, при якому при заданій температурі металу поверхні нагрівання забезпечується допустима швидкість ВТК даної марки сталі;

- по солевмісту води, що можливо одержати на судні й застосувати для готування ВМЕ з $W^r = 30\%$, визначити можливу швидкість ВТК при певній температурі металу й заданому значенні надлишку повітря α ;

- визначити допустимий діапазон солевмісту суміші різних видів води, наявних на судні, які треба й можна застосувати для вогневого знешкодження в складі ВМЕ при забезпеченні припустимих меж швидкостей ВТК.

2. На підставі проведених досліджень інтенсивності корозійних процесів можливе визначення якості застосовуваної води для готування ВМЕ. Знаючи допустиму якість води (її солевміст), можливо також оцінити наявні запаси різних видів прісної води на судні й можливості одержання додаткової кількості дистилату на судні, в енергетичній установці якого планується спалювання ВМЕ з водовмістом $W^r = 30\%$.

Перелік використаних джерел:

1. Отс А.А. Коррозия и износ поверхностей нагрева котлов / А.А. Отс. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 272 с.
2. Магадеев В.Ш. Коррозия газового тракта котельных установок / В.Ш. Магадеев. – М. : Энергоиздат, 1986. – 272 с.
3. Гаврилов А.Ф. Загрязнение и очистка поверхностей нагрева котельных установок / А.Ф. Гаврилов, Б.М. Малкин. – М. : Энергия, 1980. – 328 с.
4. Синайский Н.А. Использование метода тяжелой кавитации для сжигания мазута и орэмульсии / Н.А. Синайский, Т.А. Гошей // Теплоэнергетика. – 2003. – № 5. – С. 76-81.
5. Горелов Ю.Г. Экспериментальное исследование отложения солей на рабочих лопатках турбины при впрыске в газовый поток воды различной жесткости / Ю.Г. Горелов, В.Ф. Казуров // Теплоэнергетика. – 2002. – № 3. – С. 49-53.
6. Решетников И.П. Современные аспекты утилизации нефтяных остатков на нефтеналивных судах / И.П. Решетников // Труды ЦНИИМФ. – Л. : Транспорт, 1981. – № 270. – С. 101-106. – (Темат. вып.: Топливоиспользование и теплотехника).
7. Филипчук А.Н. Высокотемпературная коррозия при сжигании водомазутной эмульсии / А.Н. Филипчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : Видавництво ХДМА. – 2016. – № 1(14). – С. 269-281.
8. Филипчук А.Н. Кинетика высокотемпературной коррозии сталей при сжигании хлорсодержащих топлив / А.Н. Филипчук // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв : НУК. – 2016. – № 4. – С. 47-52.

References:

1. Ots A.A. *Korroziya i iznos poverhnostej nagreva kotlov* [Corrosion and wear of surfaces of heating of coppers of]. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1987. 272 p. (Rus.)
2. Magadeev V.Sh. *Korroziya gazovogo trakta kotel'nyh ustanovok* [Corrosion of a gas path of boiler installations]. Moscow, Jenergoizdat Publ., 1986. 272 p. (Rus.)

3. Gavrilov A.F., Malkin B.M. *Zagrizazhenie i ochistka poverkhnostei nagreva kotel'nykh ustanovok* [Pollution and cleaning of boiler plants heating surfaces]. Moskow, Jenergiya Publ., 1980. 328 p. (Rus.)
4. Sinajskij H.A., Goshej T.A. Ispol'zovanie metoda tjazhelej kavitacii dlja szhiganiya mazuta i orje-mul'sii [Use of a method of heavy cavitation for burning of fuel oil and ore-mulsiya]. *Teploener-getika – Thermal Engineering*, 2003, no.5. pp. 76-81. (Rus.)
5. Gorelov Ju.G., Kazurov V.F. Jeksperimental'noe issledovanie otlozhenija solej na rabochih lopat-kah turbiny pri vpryske v gazovyj potok vody razlichnoj zhestkosti [Pilot study of adjournment of salts on working shovels of the turbine at injection in gas water flow of various rigidity]. *Teploenergetika – Thermal Engineering*, 2003, no.3. pp. 49-53. (Rus.)
6. Reshetnikov I.P. Sovremennye aspekty utilizacii neftjanyh ostatkov na neftenalivnyh sudah [Modern aspects of utilization of oil residues on oil vessels]. *Trudy TsNIIMF. Temat. vyp. «Toplivois-pol'zovanie i teplotekhnika» – Proceedings of the CNIMF. Thematic issue «Fuel Use and Heat Engineering»*, 1981, no.270, pp. 101-106. (Rus.)
7. Filipshchuk A.N. Vysokotemperaturnaja korrozija pri szhiganii vodomazutnoj jemul'sii [High-temperature corrosion when burning a water black oil emulsion]. *Naukovij visnik Hersons'koj derzhavnoj mors'koj akademii – The scientific bulletin of Kherson state maritime academy*, 2016, no.1(14), pp. 269-281. (Rus.)
8. Filipshchuk A.N. Kinetika vysokotemperaturnoj korrozii stalej pri szhiganii hlorsoderzhashhih topliv [Kinetics of high-temperature corrosion staly when burning chlorine-containing fuels]. *Zbirnik naukovih prac' NUK – NUS Journal*, 2016, no.4, pp. 47-52. (Rus.)

Рецензент: О.В. Щедролосєв
д-р техн. наук, проф., ХФ НУК

Стаття надійшла 13.10.2017

УДК 621.181.62:620.193.519.8

© Корнієнко В.С.*

ВПЛИВ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВАННЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ В УТИЛІЗАЦІЙНИХ КОТЛАХ ПРИ СПАЛЮВАННІ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ

Наведені результати експериментально-розрахункових досліджень коефіцієнтів забруднення, теплопередачі та теплової ефективності при спалюванні водопаливних емульсій для сухих і конденсаційних поверхонь нагрівання утилізаційних котлів при температурах стінки у діапазоні 70...210°C. Перевірена достовірність отриманих результатів з опублікованими статистичними даними при спалюванні стандартних палив. Отримані значення коефіцієнтів можна використовувати при проектуванні і експлуатації конденсаційних поверхонь нагрівання.

Ключові слова: водопаливні емульсії, забруднення, тепла ефективність, суха поверхня, конденсаційна поверхня.

Корнієнко В.С. Влияние загрязнения поверхностей нагрева на интенсивность теплопередачи в утилизационных котлах при сжигании водотопливных эмульсий. Приведены результаты экспериментально-расчетных исследований коэффициентов загрязнения, теплопередачи и тепловой эффективности при сжигании водотопливных эмульсий для сухих и конденсационных поверхностей нагрева утилизационных котлов при температурах стенки в диапазоне 70...210°C. Проверена достоверность полученных результатов с опубликованными статистическими

* викладач, Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Херсон, kornienkovika1987@gmail.com