



УДК 628.179.2

В. М. Кюрчев¹, д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0003-4377-1924

С. І. Мовчан¹, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8665-482X

О. В. Бережецький², к.т.н.В. М. Ваврикович³, інженер¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного²Товариство з обмеженою відповідальністю «САВ КОМПЛЕКТ»³Товариство з обмеженою відповідальністю «Гідрофлоу»

e-mail: serhii.movchan@tsatu.edu.ua

ОЦІНКА СТАНУ ВІДКЛАДЕНЬ НА РОБОЧИХ МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ СИСТЕМИ ВОДООХОЛОДЖЕННЯ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОДОПОСТАЧАННЯ

Анотація. В промислових умовах апробовано прилад «Hydroflow Industrial (test)» в системі водоохолодження оборотного тепловодопостачання. Випробування було проведено в широкому діапазоні температурного перепаду мастила, води та пару і показали надійність, ефективність та тривалість процесів захисту та боротьби із карбонатними відкладень, накипом, біообростанням на робочих поверхнях труб та обладнання.

Отримані результати наочно довели ефективність електронної водопідготовки, які покращують роботу всього обладнання у цілому, зменшують гідравлічні навантаження, запобігають утворенню відкладень на внутрішніх робочих поверхнях теплообмінного обладнання, значно збільшують час роботи всього технологічного обладнання і окремих його складових одиниць і елементів.

Досягнення суттєвого покращення процесів водоохолодження та тепловідведення, зменшення теплового навантаження на обладнання, підвищення економічної ефективності та енергозбереження при експлуатації основного та допоміжного виробничого обладнання у металургії, значне зниження витрат на ремонти, зменшення трудовитрат та збільшення міжремонтних періодів.

Ключові слова: оборотне водопостачання, тепловодопостачання, система водоохолодження, електронна водопідготовка, енерго- і водоспоживання.



Постановка проблеми. Використання води і водних ресурсів в промисловому секторі країни обумовлено вирішенням двох взаємопов'язаних між собою інженерно-технічних і екологічних задач і завдань, які пов'язані з підготовкою та використанням води в системі оборотного тепловодопостачання, за рахунок використання електронної водопідготовки. Для вирішення першого завдання відомі інженерно-технічні рішення, які за своєю фізичною сутністю відповідають імпульсній високочастотній електромагнітній підготовки води, в системах оборотного тепловодопостачання.

Пристрій для обробки рідини в трубопроводі, що включає перший і другий основні елементи з магнітопровідного матеріалу, пристосованих для кріплення до трубопроводу для оточення однакових у віддалених положеннях поперек; і засоби для створення радіочастотних магнітних потоків у зазначених основних елементах, для генерації відповідних електромагнітних полів у рідині, що підлягає обробці і проходить уздовж трубопроводу.

Загальна актуальність та перспективність обраної тематики наукових досліджень і промислових випробувань приладу «HydroFLOW» пов'язана, перш за все, з наступними факторами:

- глобальним потеплінням і загальним екологічним трендом на посилення боротьби за зменшення навантаження на навколишнє середовище з боку промислових та енергетичних підприємств;

- подорожчанням енергоносіїв, збільшенням плати за використання природних ресурсів (перш за все - води) та скиди шкідливих речовин;

- глобальними кліматичними змінами, які призводять до суттєвих змін характеру стоку за 12 місяців та внутрішньорічного розподілу водного стоку річок на території України [1, 2].

Кліматичні зміни, через викиди парникових газів і значного збільшення витрат на енергію, вимагають ефективного управління енерго- і водоспоживанням. У зв'язку з цим особливо важлива ефективність систем водяного охолодження на електростанціях для підтримки максимального вироблення електроенергії на тонну споживаного палива [3].

Аналіз останніх досліджень. Температура є цікавою не тільки з точки зору розчинності, вона також важлива для проходження хімічних реакцій і зростання мікробів в об'ємі і на поверхні труб. Оптимальна температура для біологічного зростання становить від 15°C до 50°C (точне значення різниться для різних видів бактерій). Підвищення температури в об'ємі може або збільшити, або зменшити реакції, в залежності від сполук у ньому. Високі температури на поверхні можуть викликати розкладання компонентів рідини, в результаті чого відбувається коксування поверхні. На рис. 1 показані залежності

деяких механізмів забруднення від температури поверхні [4, 5].

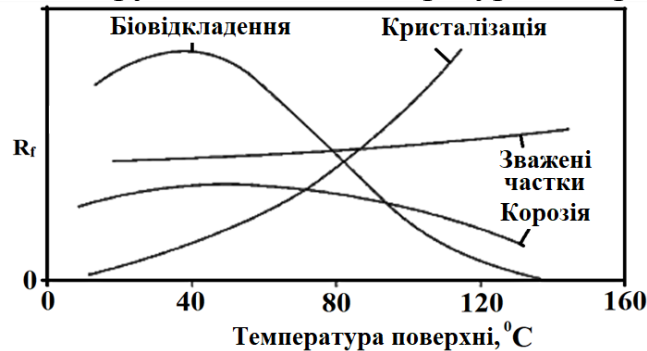


Рисунок 1. Температурна залежність для різних типів забруднення теплообмінників. Чим вище значення R_f , тим більше обростання [7].

З наведених графічних залежностей наочно видно, що з підвищенням значення R_f , тим більше обростання. Розміри частинок не змінюються, внаслідок того, що частинки постійно рухаються. А на внутрішніх робочих поверхнях відбувається кристалізація що сприяє накопиченню біологічних відкладів [6-7].

Зворотний турбулентний потік збільшує локальну температуру і, отже, швидкість обростання інвертованих розчинних сполук та інших видів обростання [5, 6, 7].

Одним з найважливіших факторів, що впливають на обростання, є матеріал поверхні об'єкта і наявність на ньому подряпин.

Подряпини - це місця руйнування захисних оксидних плівок і скупчення забруднень, через що бактерії, молекули і зважені частинки можуть осідати в них і інтенсифікувати подальше забруднення.

Різні матеріали мають різний рН (нейтральний рН = 7 полегшує прикріплення відкладів) і різні фунгіцидні властивості, що принципово впливає на формування поверхневих відкладів [6-8].

Значний світовий досвід експлуатації елементів систем водообігу, виконаних з різних матеріалів, дозволяє вивести певні закономірності, важливі для розуміння механізмів формування відкладень на їх поверхні, подальшого впливу на зміну теплотехнічних і гідродинамічних характеристик, перспектив ефективності, дорожнечі і екологічності запланованих для застосування технологій очищення поверхонь від накопичених відкладень.

Наприклад, в трубах з нержавіючих високолегованих сталей типу 08X18N10T, а також - в трубах з мідно-нікелевих сплавів типу мідно-нікелевого заліза (МНЗ), після експлуатації, *спостерігається найменший рівень питомої кількості забруднень* (лінійна швидкість утворень з прісної води Дніпра становить 0,6-1,2 мм/рік). У трубах зі Сталі 20 забруднень в 8-10 разів більше, причому половину з них складають продукти корозії [7-9].



Матеріали труб, що не містять міді, більш схильні до біообростання, ніж труби з високим вмістом міді [8-10].

Численні дослідження продемонстрували, що мідь і латунь є бактерицидними матеріалами, а нержавіюча сталь.

Саме широко відомі протимікробні, фунгіцидні і антисептичні властивості міді та її сплавів призводять до мінімізації відкладів біологічного характеру на поверхнях мідних трубок.

Питання оцінки впливу знайшли своє відображення в дослідженнях, як вітчизняних так, і закордонних фахівців і науковців. По-перше, враховано глобальними кліматичними змінами, які призводять до суттєвих змін характеру стоку за 12 місяців та внутрішньорічного розподілу водного стоку річок на території країни В. В. Гребень, В. К. Хильчевский.

Суттєві енергетичні витрати призводять до підвищення витрат на енергію, вимагають ефективного управління енерго- і водоспоживанням враховано в роботах А. А. Протасов, Г. А. Панасенко, С. П. Бабарига. При цьому механізмів забруднення від температури досліджено закордонними спеціалістами R. P. George і близького зарубіжжя А. С. Гринин, В. Н. Новиков.

Значна частка відкладень на внутрішніх робочих металевих поверхнях утворюється з підвищенням значення Rf , створює умови для ще більшого обростання, що відзначено автором Н. Müller-Steinhagen. Як зазначено в роботі К. J. Bell, А. С. Mueller різні матеріали мають різний показник рН (нейтральний рН = 7 полегшує прикріплення відкладів) і різні фунгіцидні властивості, що принципово впливає на формування поверхневих відкладів. В роботах К. Grijsperdt, В. Nazarika, D. Vucinic та P. Lenaers досліджено використання різних матеріалів щодо їх до біообростання.

Враховуючі відповідальність технологічних процесів необхідно вирішити важливу **водогосподарську проблему** яка полягає в підвищенні підготовки води в системах оборотного тепловодопостачання підприємств атомної енергетики.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Провести дослідження приладу електронної водопідготовки в системі оборотного тепловодопостачання для системи охолодження маселованні підшипника і електродвигуна насосної станції бризкальних басейнів циркуляційної системи визначає мету досліджень.

Основна частина.

1. Візуальні спостереження за станом робочих поверхонь

1.1. Оцінка стану відкладень на фланцях підведення води в системі водоохолодження електродвигуна насосного агрегату НС19.

Візуально, стан фланцевих з'єднань і трубопроводів на вході і виході з системи водоохолодження електродвигуна насосного агрегату НС19 практично ідентичний.

Присутні значні давні, складні, багатошарові відкладення.

Зокрема, слід відзначити, що:

А) Верхній шар (більш ніж 3 мм) - відкладення брудно-зеленого кольору органічного походження, що легко знімаються, які мають характерний запах гниття/розкладання біологічних залишків у т.ч. слизу (біоплівки), водоростей та інших біологічних форм;

Б) Нижній шар - давні складні, багатошарові комплексні щільнозчеплені з піском і оксидами заліза карбонатні відкладення, закріплені на металевій поверхні фланця і трубопроводу водоохолодження електродвигуна НС19 (рис. 2).

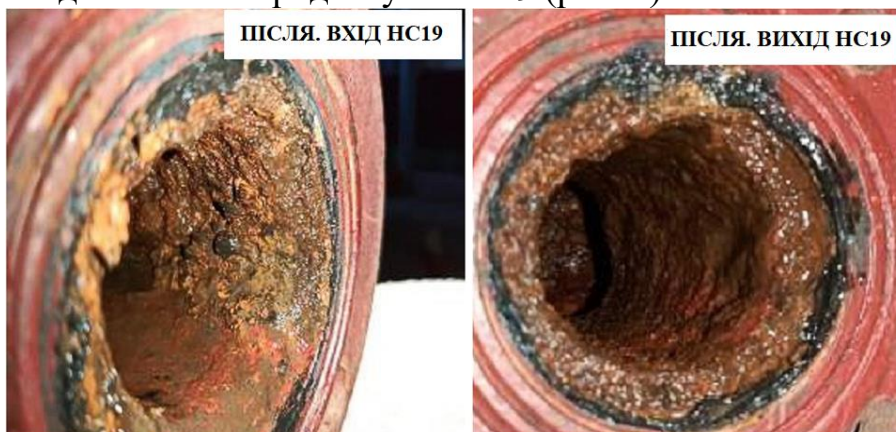


Рисунок 2. Стан відкладень на фланцях підведення води в системі водоохолодження електродвигуна НС19 після випробувань (Ліворуч - вхід, праворуч - вихід).



Рисунок 3. Стан насічки на відкладеннях на фланці з боку входу води до системи водоохолодження електродвигуна НС19 після випробувань у двох ракурсах (Ліворуч - ракурс 1, Праворуч - ракурс 2).

Візуальний огляд виконаних раніше, перед початком випробувань, насічок (рис. 2-3) показав, що їх об'єм заповнений/занесений карбонатними відкладеннями, верхній шар яких покритий біологічними відкладеннями, що і стало причиною внесення суттєвих змін до глибини насічок в менший бік. Занесення складо практично 100%.

Після розчищення порожнин насічок фахівцями ВРХЛ ВП ЗАЕС було виконано інструментальний замір глибин насічок на відкладеннях на фланцях насосної станції 19 (НС19) (рис. 4).

Вони склали:

- на фланці входу охолоджуючої води - 2,8 мм;
 - на фланці виходу охолоджуючої води - 0,8 мм;
- Вихідна глибина насічок становила 5 мм [1, 11].

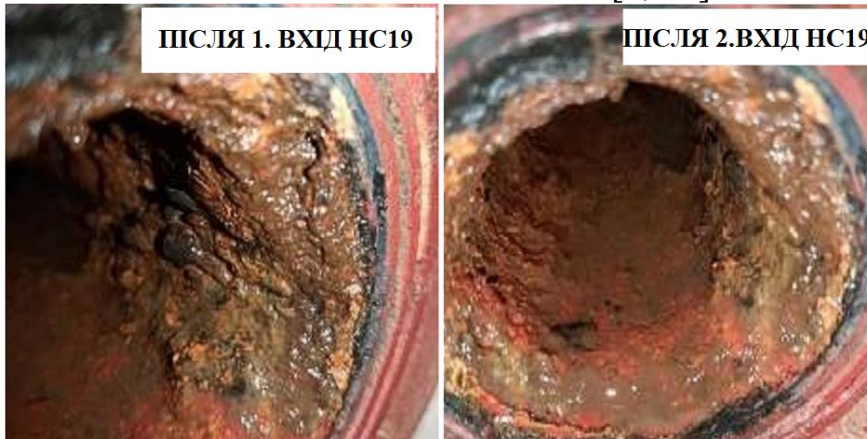


Рисунок 4. Стан насічки на відкладеннях на фланці з боку входу води до системи водоохолодження електродвигуна НС19 після випробувань в двох ракурсах (Ліворуч - ракурс 1, Праворуч - ракурс 2).

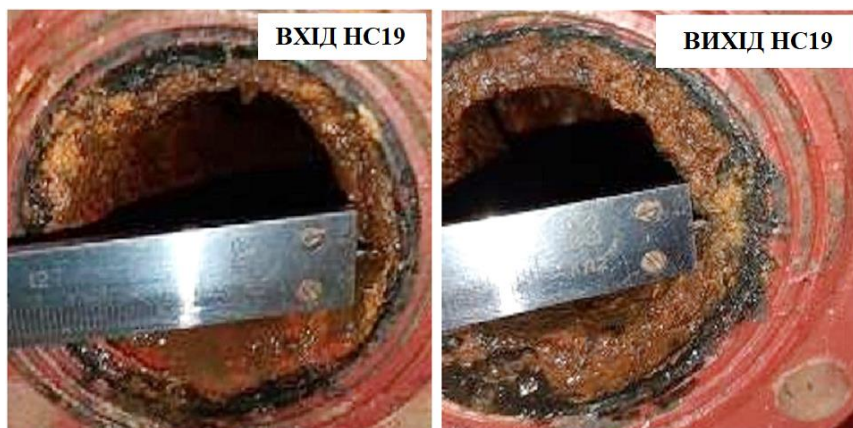


Рисунок 5. Інструментальний замір глибин насічок на відкладеннях на фланцях підведення води в системі водоохолодження електродвигуна НС19 після випробувань (Ліворуч - вхід, праворуч - вихід).

Процес зачищення/розчищення місць нанесення насічок і замірів їх глибин на входних і вихідних фланцях системи водоохолодження електродвигуна НС19 додатково зафіксовано шляхом відеофіксації фахівцями ВРХЛ ВП ЗАЕС.

1.2. Оцінка стану відкладень на фланцях підведення води в системі водоохолодження електродвигуна насосного агрегату НС20.

В результаті візуального обстеження відкладень на фланцях підведення води в системі водоохолодження електродвигуна насосного агрегату НС20 зафіксовано повну відсутність біологічних відкладень і слизу. У той же час фіксується незначна наявність дрібнодисперсних мулистих механічних частинок (наносів), запах вогкості тощо.



Рисунок 6. Стан відкладень на фланцях підведення води в системі водоохолодження електродвигуна НС20 після випробувань (Ліворуч - вхід, праворуч - вихід).



Рисунок 7. Стан насічки на відкладеннях на фланці з боку входу води до системи водоохолодження електродвигуна НС20 після випробувань в двох ракурсах (Ліворуч - ракурс 1, Праворуч - ракурс 2).

А). Внутрішня поверхня фланцевих з'єднань і трубопроводів охолодження електродвигуна НС20 носить злегка шорстку структуру, фіксуються давні складні багат шарові, комплексні щільнозчиплені з піском і оксидами заліза карбонатні відкладення, закріплені на металевих внутрішніх поверхнях фланців і трубопроводів охолодження електродвигуна НС20.



Рисунок 8. Стан насічки на відкладеннях на фланці з боку входу води до системи водоохолодження електродвигуна НС20 після випробувань в двох ракурсах (Ліворуч - ракурс 1, Праворуч - ракурс 2).

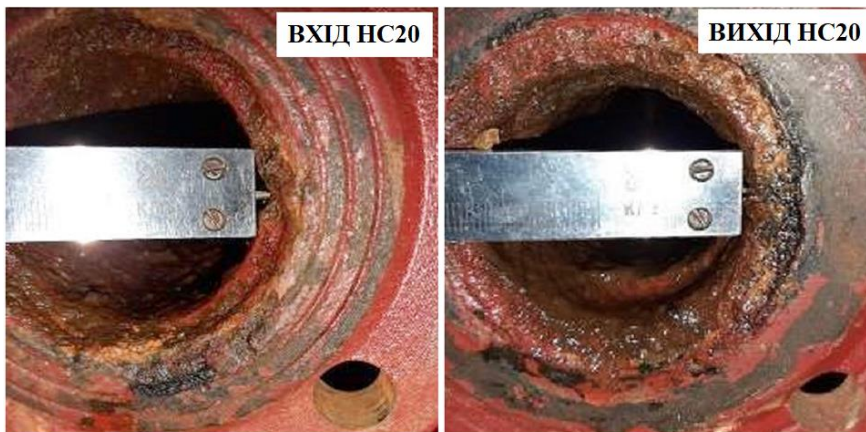


Рисунок 9. Інструментальний замір глибин насічок на відкладеннях на фланцях підведення води в системі водоохолодження електродвигуна НС20 після випробувань (Ліворуч - вхід, праворуч - вихід).

Б). На внутрішніх поверхнях, в районі 3-х годин (в часових координатах), порожнини нанесених раніше контрольних засічок заповнено/занесено муловими відкладеннями і оксидами заліза, при



цьому, на думку товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «САВ КОМПЛЕКТ», переважаючим елементом є оксид заліза (іржа). Це зафіксовано на фото (рис. 7 і рис. 8), що і стало причиною зміни глибини насічок в меншу сторону. Після розчищення порожнин зарубок фахівцями водно-радіаційна хімічна лабораторія (ВРХЛ) виробниче підприємство) ВП Запорізька атомна електрична станція (ЗАЕС) був виконаний інструментальний замір глибин насічок на відкладеннях на фланцях НС19 (рис. 9).

Вони склали:

- на фланці входу охолоджуючої води - 2,8 мм;
- на фланці виходу охолоджуючої води - 0,8 мм;

Вихідна глибина насічок становила 5 мм [1, 11, 12].

Процес зачищення / розчищення місць нанесення насічок і замірів їх глибин на вхідних і вихідних фланцях системи водоохолодження електродвигуна НС20 додатково зафіксовано шляхом відеофіксації фахівцями ВРХЛ ВП ЗАЕС.

Основні переваги використання електронної водопідготовки полягають у наступному:

1. Високу ефективність при видаленні наявних і запобіганні утворення нових карбонатних та біологічних відкладів у контурі водоохолодження.

2. Суттєво покращуються процеси водоохолодження та тепловідведення, зменшення теплового навантаження на обладнання, підвищення економічної ефективності та енергозбереження при експлуатації основного та допоміжного виробничого обладнання у металургії, значне зниження витрат на ремонти, зменшення трудовитрат та збільшення міжремонтних періодів.

3. Якісно відбуваються гідродинамічні процеси водоохолодження і обертуту мастила, які відбуваються в умовах підвищеного температурного режиму.

4. Отримані результати довели доцільність, можливість та ефективність застосування паралельної системи збору, фіксації, передачі та обробки даних, а також спеціально розробленого програмного забезпечення на базі відомих формул розрахунку середнього логарифмічного температурного напору та умовної розрахункової товщини шару накипу, що дозволяє наочно, з використанням графічних залежностей відображати відповідні теплотехнічні процеси.

Висновки. Застосування приладу «HydroFLOW» на контурі водоохолодження окремих складових одиниць та елементів дозволило досягти наступних результатів:



1. У контурі водоохолодження повітроохолоджувача електродвигуна видалено біологічні відкладення і частково створено умови, які зменшують ризики появи нових відкладень.

2. У контурі водоохолодження обмоток статора електродвигуна видалені біологічні відкладення (процес активного видалення почався на 12-у добу з моменту встановлення приладу «HydroFLOW» і тривав до кінця випробувань. Видалення відкладень призвело до значного підвищення ефективності охолодження обмоток статора електродвигуна HC20.

3. Слід додатково зазначити 3 фактори, які могли мати негативний вплив на ефективність застосування приладу «HydroFLOW» в даній конкретній конфігурації технологічної схеми водоохолодження елементів електродвигуна насосного агрегату раніше детально розкритих в окремих пунктах даного Робочого звіту:

А). У зв'язку з доведеним помітним очищенням, під впливом сигналу «HYDROPATH», що генерується приладом «HydroFLOW», вільного перетину комірок сітки фільтру і довготривалим поліпшенням прохідності сітки фільтру HC20, істотно збільшується кількість мулу, великорозмірних зважених часток і дрібних особин молюсків, що вільно проходять крізь них. Це, потенційно, у разі підвищує ризики засмічення трубок охолоджуючого змійовика в місцях звуження діаметрів і різких поворотів на 90° .

Б). Зафіксоване в кінці випробувань, на різних елементах електродвигуна насосного агрегату HC20, спотворення і невідповідність нормі сигналу «HYDROPATH», викликане, найімовірніше, сильними електромагнітними полями і струмами наведення на такому потужному електромагнітному об'єкті, як асинхронний електродвигун АВСМ-16-73-12УХЛ4 (Номінальна потужність 1000 кВт, номінальна напруга 6000 В, струм статора 139А).

В). Відомі протимікробні, фунгіцидні та антисептичні властивості міді і її сплавів призводять до початкової мінімізації відкладень біологічного характеру на поверхнях мідних трубок в системі водоохолодження електродвигунів насосних агрегатів (наприклад, загальна кількість мікрофлори гетеротрофною біоплівки на міді в 70-600 разів менше, ніж на вуглецевої сталі і "змазування загальної картини" випробувань на тлі цих малих відкладень.

Список використаних джерел

1. Свідоцтво № 107885 Україна про реєстрацію авторського права на літературний письмовий твір наукового характеру «Робочий звіт щодо підсумків виробничих випробувань тестових приладів електронної водопідготовки «Hydroflow Industrial (test)» на



теплообмінниках охолодження дистилляту 0TR50W02 (ОБ'ЄКТ "0") та 0TR70W02 (ОБ'ЄКТ "+") СК-1 ХЦ ВП «Запорізька АЕС» ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» / О. В. Бережецький, В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан. № с202185860; заявл. 17.08.2021; зареєстр. 08.09.2021; опубл. 30.11.2021. Бюл. № 67. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/15457> (дата звернення: 03.08.2021).

2. Гребень В. В., Хильчевский В. К. Современный водный режим рек Украины. *Материалы VII Всероссийского гидрологического съезда* (г. Санкт-Петербург, 19-23.11.2013 г.). Опт. диск CD-ROM, сек. 4, тема 4.4, доклад № 47.

3. Протасов А. А., Панасенко Г. А., Бабарига С. П. Биологические помехи в эксплуатации энергетических станций, их типизация и основные гидробиологические принципы ограничения. *Гидробиологический журнал*. 2008. Т. 44, № 5. С. 36-53.

4. Novel biofilm control measures to prevent corrosion and biofouling in cooling water systems of nuclear power plants / Rani P. George et al. *Journal of Biotechnology & Biomaterials*. 2012. Vol. 2, № 6. DOI: 10.4172/2155-952X.S1.015.

5. Гринин А. С., Новиков В. Н. Экологическая безопасность. Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях. Москва: ФАИР-ПРЕСС, 2000. 336 с.

6. Атомные электрические станции и их оборудование - системы технического водоснабжения. URL: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/atomnye-elektricheskie-stancii-i-ih-oborudovanie-15.html> (дата обращения: 15.09.2021).

7. Müller-Steinhagen H. C4 Fouling of Heat Exchanger Surfaces. *VDI Heat Atlas*. Springer, 2010. P. 79-104. DOI: 10.1007/978-3-540-77877-6_7.

8. Bell K. J., Mueller A. C. Fouling in Heat Exchangers. *Wolverine Engineering Data Book II*. Wolverine Division of UOP Inc, 1984. P. 45-57.

9. Grijspeerdt K., Hazarika B., Vucinic D. Application of computational fluid dynamics to model the hydrodynamics of plate heat exchangers for milk processing. *Journal of Food Engineering*. 2003. Vol. 57, № 3. P. 237-242. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00303-5.

10. Negative streamwise velocities and other rare events near the wall in turbulent flows / P. Lenaers et al. *Journal of Physics: Conference Series*. 2011. Vol. 318, № 2. P. 1-10. DOI: 10.1088/1742-6596/318/2/022013.

11. Свідоцтво № 107883 Україна про реєстрацію авторського права на літературний письмовий твір наукового характеру «Акт огляду трубопроводів подачі води на систему мокрого газоочищення (МГО) відпрацьованого газу технологічної лінії №1 дільниці обпалення цеху з виробництва окатків (ЦВО) ПрАТ «Полтавський ГЗК» / О. В. Бережецький, В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан. №с202105858; заявл. 17.08.2021; зареєстр. 08.09.2021; опубл. 30.11.2021. Бюл. № 67. URL:



<http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/15460> (дата звернення: 03.08.2021).

12. Свідоцтво № 107889 Україна про реєстрацію авторського права на літературний письмовий твір наукового характеру «Робочий звіт щодо підсумків виробничих випробувань тестового приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» на системі охолодження маслованни підшипнику та електродвигуна насосної станції № 20 бризкальних басейнів циркуляційної системи ВП «Запорізька АЕС» ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» / О. В. Бережецький, В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан. №с 202185873, заявл. 17.08.2021; зареєстр. 08.09.2021; опубл. 30.11.2021. Бюл. № 67. URL: <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1664715/> (дата звернення: 03.08.2021).

Стаття надійшла до редакції 5.12.2021 р.

V. Kyurchev¹, S. Movchan¹, O. Berezheczkyi², V. Vavrykovych³
¹dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University
²Limited Liability Company "SAV KOMPLEKT"
³Ltd Liability Company "Hydroflow"

ASSESSMENT OF STATUS ON WORKERS METAL SURFACES OF WATER COOLING SYSTEM REVERSE HEAT SUPPLY

Summary

In industrial conditions the device "Hydroflow Industrial (test)" in system of water cooling of circulating heat supply is tested. The tests were carried out in a wide range of temperature differences between oil, water and steam and showed the reliability, efficiency and duration of the processes of protection and control of carbonate deposits, scale, biofouling on the working surfaces of pipes and equipment.

The obtained results clearly proved the efficiency of electronic water treatment, which improves the operation of all equipment as a whole, reduces hydraulic loads, prevents the formation of deposits on the inner working surfaces of heat exchange equipment, significantly increases the operating time of all process equipment and its individual units.

Device for processing liquid in the pipeline, comprising the first and second main elements of the magnetic conductive material, adapted for attachment to the pipeline to surround the same in remote positions across; and means for generating radio frequency magnetic fluxes in these main elements, for generating appropriate electromagnetic fields in the liquid to be treated and passing along the pipeline

Achieve significant improvement of water cooling and drainage processes, reduction of heat load on equipment, increase of economic efficiency and energy saving in operation of main and auxiliary production equipment in metallurgy, significant reduction of repair costs, reduction of labor costs and increase of repair periods.

The researches of the electronic water treatment device in the circulating heat supply system for the cooling system of the bearing oil and the electric motor of the



pumping station of the spray pools of the circulation system clearly proved the efficiency of water preparation for the circulating heat supply system.

Key words: recirculating water supply, heat and water supply, water cooling system, electronic water treatment, energy and water consumption,

В. Н. Кюрчев¹, С. И. Мовчан¹, А. В. Бережецкий², В. М. Ваврикович³

¹Таврический государственный агротехнологический университет
имени Дмитрия Моторного

²Общество с ограниченной ответственностью «САВ КОМПЛЕКТ»

³Общество с ограниченной ответственностью «Гидрофлоу»

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НА РАБОЧИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ СИСТЕМЫ ВОДООХЛАЖДЕНИЯ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОВОДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация

В промышленных условиях апробирован прибор «Hydroflow Industrial (test)» в системе водоохлаждения оборотного тепловодоснабжения. Испытания проведены в широком диапазоне температур масла, воды и пара и показали надежность, эффективность и продолжительность процессов защиты и борьбы с карбонатными отложениями, накипью, биообрастания на рабочих поверхностях труб и оборудования. Полученные результаты наглядно доказали эффективность электронной водоподготовки, которые улучшают работу всего оборудования в целом, уменьшают гидравлические нагрузки, предотвращают образование отложений на внутренних рабочих поверхностях теплообменного оборудования, значительно увеличивают время работы всего технологического оборудования и отдельных его составляющих единиц и элементов. Достижения существенного улучшения процессов водоохлаждения и теплоотвода, уменьшение тепловой нагрузки на оборудование, повышение экономической эффективности и энергосбережения при эксплуатации основного и вспомогательного производственного оборудования.

Ключевые слова: оборотное водоснабжение, тепловодоснабжения, система водоохлаждения, электронная водоподготовка, энерго- и водопотребления,