



DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-1

УДК 628.179.2.16.087

В.М. Кюрчев¹, д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0003-4377-1924

С.І. Мовчан¹, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-8665-482X

О.В. Бережецький², к.т.н.О.А. Андріанов³, к.т.н.В.І. Щелкунов⁴, д.е.н.,¹Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного²Товариство з обмеженою відповідальністю «САВ КОМПЛЕКТ»³Запорізьке регіональне представництво міжнародної торгової палати ICC Ukraine⁴Міжнародна торгова палата ICC Ukraine

e-mail: serhii.movchan@tsatu.edu.ua, тел.: 067-386-95-44

ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕСТОВОГО ПРИЛАДУ ЕЛЕКТРОННОЇ ВОДОПІДГОТОВКИ «HydroFLOW» В СИСТЕМІ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОДОПОСТАЧАННЯ

Анотація. За результатами промислових випробувань тестового приладу електронної водопідготовки і моніторингу теплотехнічних параметрів технологічного обладнання технологічного обладнання на об'єктах атомної енергетики. Основними споживачами технічної води на АЕС є конденсатори парових турбін, маслоохолоджувачі і повітроохолоджувачі турбогенераторів, підшипники насосів та інших допоміжних агрегатів, теплообмінники вентиляційних систем, теплообмінники доохолодження продувної води парогенератора та ін.

Тривалими випробуваннями і тестовим моніторингом доведено: позитивний довгостроковий вплив застосування приладу «HydroFLOW» на стан зовнішньої поверхні сіток фільтрів при тривалій їх експлуатації; Значне зменшення кількості біологічних відкладів на внутрішній поверхні сітки фільтра при використанні приладу: суттєве зменшення, при використанні приладу «HydroFLOW», біообростання, а також відкладів іржі, мулу і карбонатів на сітці фільтру насосного агрегату; видалення, завдяки застосуванню приладу «HydroFLOW», біологічних відкладів в контурі водоохолодження повітроохолоджувача електродвигуна.

Ключові слова: атомна енергетика, електронна водопідготовка, система оборотного водопостачання, біологічне обростання,

конденсатори парових турбін, маслоохолоджувачі, повітроохолоджувачі турбогенераторів.

Постановка проблеми. 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 тону 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 ооксидування поверхні. На рис. 1 показані залежності деяких механізмів забруднення від температури поверхні [4,5].

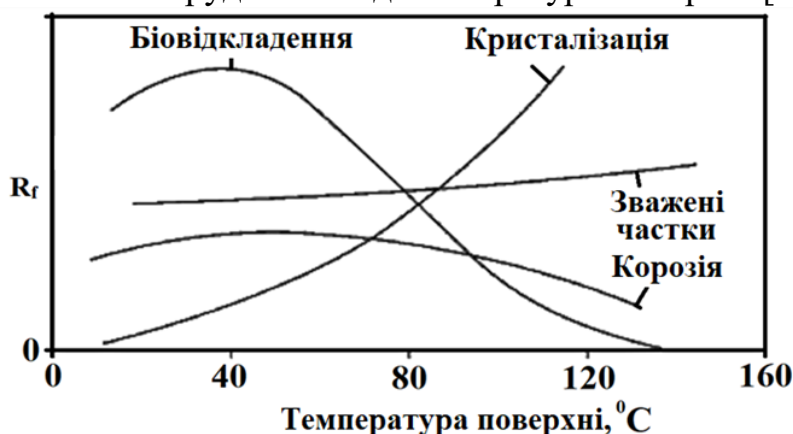


Рисунок 1. Температурна залежність для різних типів забруднення теплообмінників

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 зростає [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].

Великий 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 08X18H10T, а також – в трубах з мідно-нікелевих сплавів типу МНЖ, 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 стальні. Саме широко відомі протимікробні, фунгіцидні і антисептичні властивості міді та її сплавів призводять до мінімізації відкладів біологічного характеру на поверхнях мідних трубок. Питаннями якості води і водних ресурсів в системах повторного, багаторазового і оборотного водопостачання займалися такі вчені, як Д. Ф. Гончаренко, А. И. Алейников, А. К. Запольський, D. Stefanini, S. Wang, A. Tiri, L. Belkhiri, L. Mouni та ін.

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 маселопідшипника і електродвигуна насосної станції бризкальних басейнів циркуляційної системи.

Основні матеріали дослідження.

1. *Монтаж приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» перед початком випробувань.* Від магістрального трубопроводу, в кожному з насосних станцій, вода подається по трубопроводу (0VG40) Ду100 через арматуру 0VG40S01–42. На цю трубу, в приміщенні насосної станції, між запірною арматурою та механічним фільтром, був змонтований, на час випробувань, прилад електронної водопідготовки «HydroFLOW» (рис. 2).



Рисунок 2. Фото контрольних елементів в процесі монтажу і запуску приладу «HydroFLOW»

З метою візуальної оцінки стану елементів контурів водоохолодження насосних агрегатів НС19 і НС20, об 11⁰² 25.08.2020р., зазначені насосні станції було відключено від мережі з розкриттям доступних елементів.

Розтин і візуальний огляд внутрішніх поверхонь підвідних трубок і охолоджуючого змійовика маслованни опорних підшипників, а також мідних трубопроводів системи водяного охолодження електродвигунів, їх механічне очищення або промивання водою перед початком випробувань не проводилися. При зупинці насосних агрегатів було проведено розбирання з очищенням внутрішніх поверхонь корпусів сіткових фільтрів з заміною сіткових елементів на чисті з наявного обмінного фонду і з відбором проб відкладів і води.

Також було оглянуто фланцеві з'єднання підвідних гребінок на систему розведення трубок охолодження електродвигуна з нанесенням контрольних зарубок, відбором проб відкладів і складу води.

Відбір проб і фотографування контрольних поверхонь обох насосних агрегатів було виконано співробітниками ВРХЛ ВП ЗАЕС у відповідності до стандартних методик. Матеріали аналізу відібраного матеріалу викладено в «Протоколі №38–21 / №1788 від 19.10.2020 за результатами обстеження фільтрів 19,20, фланцевих з'єднань і трубопроводів охолодження електродвигунів 0UL10D19,20 перед початком випробувань» [13]. За допомогою мобільного осцилографа OMRON, було проконтрольовано потужність сигналу «HYDROPATH», що генерується приладом «HydroFLOW», його частота і форма. Дані параметри, за підсумками проведеної перевірки, перебували в нормі. Індикатори роботи приладу і підтвердження генерації сигналу «HYDROPATH» червоного і зеленого кольору також були в нормі (Рис. 2).



Рисунок 3. Сигнал «HYDROPATH» перед сітковим фільтром



Рисунок 4 Стан контрольної пломби

Після установки прилад «HydroFLOW» був увімкнений у розетку однофазної електричної мережі змінного струму 220В, опломбований пломбою № L90279828 CONTROL (рис. 3, 4) і зачинений в металевий

захисний антивандальний кожух на ключ. Повторний пуск (старт випробувань) НС19 і НС20, після монтажу фільтра і елементів електродвигуна, було здійснено о 16⁵⁴ 25.08.2020р [13].

2. Опис роботи технологічної схеми і методики випробувань.

Для аналізу впливу сигналу «HYDROPATH», що генерується приладом «HydroFLOW», на ефективність очищення і подальшого захисту елементів контуру водоохолодження маслованни НС20, проведено порівняння стану контрольованих поверхонь контурів аналогічних елементів НС19 і НС20, а також їх стану при розбиранні після тривалої експлуатації перед початком та після закінчення випробувань.

Для підтримання в робочому діапазоні температури опорного підшипника насосного агрегату, його занурено в спеціальну масляну ванну, в яку вмонтовано спеціальний змійовик, по якому циркулює охолоджуюча технічна вода, що відбирається безпосередньо з підвідного каналу (рис. 5, 6) [11].

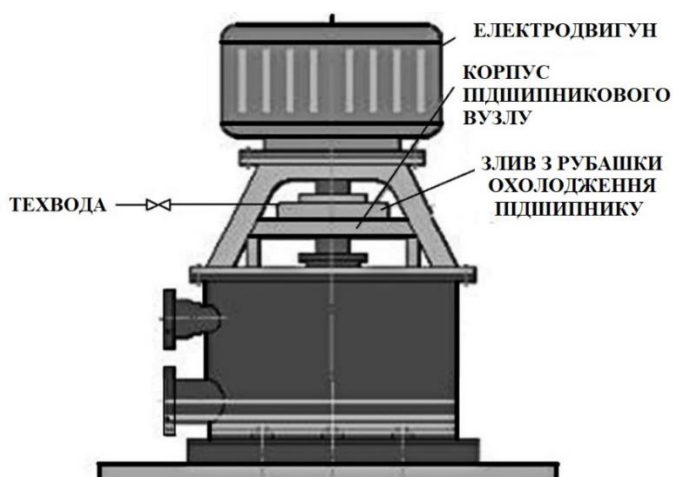


Рисунок 5. Схема подачі охолоджуючої води на опорний підшипник насосного агрегату [11]

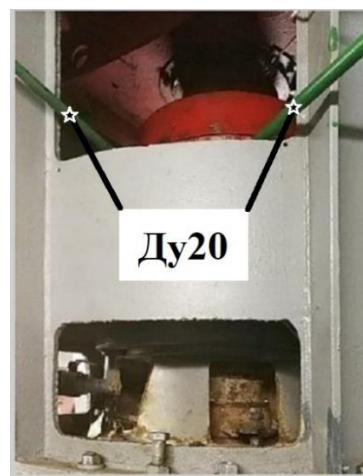


Рисунок 6. Маслованна опорного підшипника

Перед потраплянням в охолоджуючий змійовик, вода, по трубі на якій встановлено випробуваний прилад «HydroFLOW», проходить через фільтр грубого очищення (розмір комірки становить близько 5 мм), на сіткових елементах якого (до 2 мм) осідає значна кількість сторонніх предметів (молюски, листя, елементи дерева, очерету, ін.) та різного виду біовідкладення.

Зважені та розчинені речовини, а також дрібна (менша за 2 мм) мушля та інші сторонні предмети вільно проходять через фільтр та сітку і, в подальшому, циркулюють по елементах охолоджувального контуру. Внутрішні діаметри трубок з вуглецевої сталі, по яких охолоджуюча вода подається до контуру водоохолодження маслованни



опорного підшипника, складають 20–25 мм. Діаметр змійовика–охолоджувача в корпусі маслованни – Ду40.

Частина зважених часток, разом з біоматеріалом, що включає біоплівку, сторонніми предметами – елементами іржі і дрібними, проникними скрізь сітку фільтра, молюсками осідає в елементах контуру, перекриваючи перетин трубки і погіршуючи ККД теплообмінного обладнання.

Малий внутрішній діаметр підвідних і відвідних трубок з вуглецевої сталі, які піддаються корозії, наявність в охолоджуючому змійовику маслованни опорного підшипнику 4–х різких поворотів на 90°, в сукупності з їх схильністю до обростання біоплівкою, зваженими частинкам і молюсками, а також значна кількість потрапляючих до тракту дрібних молюсків сімейства Thiaridae є причиною часткового або повного перекриття перетину з відповідним погіршенням температурного режиму маслованни, аж до аварійної зупинки насосного агрегату.

Очікування позитивного впливу приладу «HydroFLOW» базується на відомій властивості генерованого ним сигналу «HYDROPATH» знищувати біоплівку, яка є живильним середовищем для мікроводоростей і колоній молюсків сімейства Thiaridae, з відповідним зменшенням засмічення перетину змійовика, поліпшенням теплопровідності його стінок і процесів тепловідведення від маслованни.

У маслованні підшипника кожного з насосних агрегатів встановлено по 2 (основний і резервний) датчика температури, які, з частотою 1 раз на секунду і з точністю до 0,1°C, передають дані на вимірювальну апаратуру, встановлену в спеціальному приміщенні РУВП (розподільчий пристрій власних потреб).

Запрограмована уставка температури автоматичного відключення насосного агрегату по температурі маслованни становить 70°C (попереджувальна сигналізація спрацьовує при 60°C). Температура відібраної у підвідному каналі охолоджуючої води, у період випробувань, коливалася в діапазоні від 33,5°C на початковому етапі в літній період до 16,7°C при закінченні випробувань в першій декаді грудня 2020р. За період випробувань спрацювань аварійної попереджувальної сигналізації або аварійних відключень насосних агрегатів по температурі не зафіксовано.

3. Оцінка відкладів на поверхнях елементів фільтрів насосних агрегатів HC19 і HC20 при контрольному розбиранні перед монтажем приладу «HydroFLOW».

На початковому етапі випробувань 25.08.2020р., після планової зупинки HC19 і HC20, комісійно, були розкриті фільтри грубого очищення обох контрольованих насосних агрегатів. При цьому обидва

фільтри – як по внутрішніх поверхнях корпусів фільтрів, так і по внутрішніх і зовнішніх поверхнях їх сіткових елементів, мали ідентичний стан і характеризувалися високим ступенем забруднення іржею та біообростаннями (рис. 7,8) [13].



Рисунок 7. Загальний вигляд фільтра попереднього очищення насосного агрегату станції бризкальних басейнів циркуляційної системи ГЦ ВП ЗАЕС при розбиранні



Рисунок 8. Стан зовнішніх поверхонь сіток фільтрів насосних станцій при розбиранні на початку випробувань після тривалої експлуатації. Ліворуч – загальний вигляд сітки фільтра, праворуч – збільшений фрагмент.

Згідно з Протоколом випробувань [13], на зовнішній поверхні сіток фільтрів були присутні відкладення, що легко знімаються, брудно-зеленого кольору органічного походження, товщиною 1,0–5,0 мм, а також щільно зчеплені з металом пористі, у вигляді наростів, продукти корозії конструкційного матеріалу фільтрів рудо-коричневого кольору, товщиною 1,0–7,0 мм, в деяких місцях висота (товщина) численних наростів становила 7,0–10,0 мм. На всіх

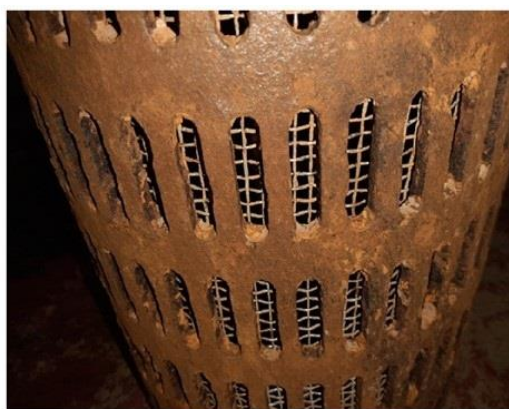
елементах фільтра була присутня велика кількість живих і відмерлих молюсків сімейства Thiaridae.

Прохідність зазначених фільтруючих елементів була мінімальною і такою, що явно надавала негативний вплив на гідродинамічні характеристики системи водоохолодження.

Після виконання обстеження фільтрів, було виконано заміну їх сіток на заздалегідь підготовлені (очищені механічним способом від різного роду відкладень) (рис. 9) [13]. Розбирання, візуальний огляд, очищення або промивання трубок подачі і відведення води, а також змійовиків маселованн опорних підшипників перед початком випробувань не проводилися.



Сітка фільтру 19UL10N03



Сітка фільтру 20UL10N03

Рисунок 9. Стан встановлених сітчастих фільтрів на початку випробувань. Ліворуч – фільтр НС19, праворуч – фільтр НС20.

Після цього фільтри було зібрано і закрито, а насосні агрегати – підготовлено до пуску. Після пуску насосних агрегатів, завершення пускових перехідних процесів, виходу на робочий режим і стабілізації вимірювальних параметрів, було відновлено фіксацію контрольних показників.

Результати та висновки досліджень.

1. Основним фактором, на який потрібно спрямувати зусилля в боротьбі з відкладеннями в системах технічного водопостачання теплових і атомних електростанцій, є розвиток біоплівки, яка є основною причиною погіршення процесів теплопередачі, харчової базою для розвитку макрообростань, включаючи обростання молюсками і джерелом розвитку різних видів корозії конструкційних матеріалів.

2. Висока резистентність мікроорганізмів і бактерій, сконцентрованих всередині біоплівки, неможливість, при сучасному рівні технічних знань, традиційних підходах, застосування відомих біоцидів, антибіотиків та інших реагентів, ефективних спроб

руйнування біоплівки по її поверхні, актуалізує необхідність пошуку і відпрацювання на практиці сучасних альтернативних технологій боротьби з відкладеннями в системах технічного водопостачання електростанцій.

3. Визнати за доцільне продовження довгострокових (до 1 року) промислових випробувань приладів електронної водопідготовки «HydroFLOW» великого діаметру на основному виробничому обладнанні ВП ЗАЕС ДП НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» (та інших), з урахуванням зроблених зауважень і забезпечивши моніторинг зміни параметрів роботи даного обладнання в процесі випробувань, зняття і аналіз геометричних, механічних і хімічних властивостей шарів відкладів на початок і кінець випробувань (при необхідності – проміжні аналізи).

Список використаних джерел

1. Звіт щодо підсумків виконання технічного аудиту обладнання, розташованого в ЦВО, ДЗФ, ЦШГ, ЛМЦ, та ТСЦ ПрАТ «Полтавський ГЗК» згідно договору № 596 про виконання технічного аудиту від 10 березня 2020 року / розробн. О. А. Андріанов, О. В. Бережецький, В. М. Ваврикович, С. І. Мовчан. Запоріжжя, 2020. 16 с.

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.). URL: <http://sibnigmi.ru/GidroCongress47.pdf> (дата звернення: 13.03.2021).

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

4. Müller–Steinhagen H. C4 Fouling of Heat Exchanger Surfaces. *VDI Heat Atlas*. Springer, 2010. DOI: 10.1007/978–3–540–77877–6_7.

5. Bell K. J., Mueller A. C. 1.6. Fouling in Heat Exchangers. *Wolverine Engineering Data Book II*. Wolverine Division of UOP Inc, 1984. P. 45–57.

6. 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. P. 237–242.

7. 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. P. 1–10.

8. Hjalmar A. Biofouling on plate heat exchangers and the impact of advanced oxidizing technology and ultrasound. Stockholm, 2014. 72 p.

9. Бубликов И. А. Научные принципы диагностирования и разработки методов снижения интенсивности образования отложений



в теплообменном оборудовании тепловых и атомных электростанций: дис. ... док. тех. наук: 05.14.14. Новочеркасск, 2004. 363 с.

10. Pugh S., Hewitt G. F., Müller–Steinhagen H. Fouling During the Use of Seawater as Coolant – The Development of a ‘User Guide’. *Heat Exchanger Fouling and Cleaning: Fundamentals and Applications*. 2003. URL: <https://dc.engconfintl.org/heatexchanger/3> (дата звернення: 14.10.2020).

11. Шелегов А. С., Лескин С. Т., Слободчук В. И. Насосное оборудование АЭС: учеб. пособие. Москва: НИЯУ МИФИ, 2011. 348 с.

12. Медные накипи. *Справочник химика 21 века. Химия и химическая технология*. URL: <https://chem21.info/info/801986/> (дата звернення: 14.10.2020).

13. 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. А. Андріанов, О. В. Бережецький, В. М. Ваврікович, С. І. Мовчан, В. І. Щелкунов. Енергодар-Запоріжжя, 2021. 103 с.

14. Виробничі випробування тестового приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» і довготривалого моніторингу теплотехнічних параметрів технологічного обладнання на об'єктах атомної енергетики / В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан, В. І. Щелкунов, В. М. Ваврікович, О. А. Андріанов, О. В. Бережецький. *Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи: матеріали XIII наук.–практ. конф. Якимівка, 2021. С. 5–11.*

V.M. Kiurchev¹, S.I. Movchan¹, O.V. Berezhetskyi²,

O.A. Andrianov³, V.I.Shchelkunov⁴

¹ Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

² Limited Liability Company «SAV KOMPLEKT»

**³ Zaporizhzhya regional office of the International Chamber of Commerce
ICC UKRAINE**

⁴ President of the International Chamber of Commerce ICC UKRAINE

**PRODUCTION TESTING OF THE ELECTRONIC WATER
TREATMENT TEST DEVICE "HydroFLOW"
IN THE CIRCULATING HEAT SUPPLY SYSTEM**

Summary

According to the production testing results, the electronic water treatment test device "HydroFLOW" in the circulating heat supply systems at production and technological units in closed cycles of industrial energy enterprises was investigated.

The purpose of this work was to solve several interrelated tasks and objectives aimed at preventing and destroying carbonate sediments and biological fouling in cooling systems, as well as developing and implementing existing engineering solutions aimed at



efficient and rational use of water and water resources in circulating heat supply systems.

All cooling systems at NPPs are combined into a single and called the technical water supply system, which, in many respects, determines the reliability and efficiency of NPP operation. Investments in its construction are estimated at 10% of the kilowatt cost of installed capacity. According to the results of industrial testing of the electronic water treatment test device and monitoring of thermal parameters of technological equipment at nuclear power facilities. The main consumers of technical water at nuclear power plants are condensers of steam turbines, oil coolers and air coolers of turbogenerators, bearings of pumps and other auxiliary units, heat exchangers of ventilation systems, heat exchangers for cooling the purge water of the steam generator, etc. Long-term tests and test monitoring proved: positive long-term impact of the device "HydroFLOW" on the condition of the outer surface of the filter grids during their long operation; Significant reduction in the amount of biological deposits on the inner surface of the filter mesh when using the device: significant biofouling reduction when using the device "HydroFLOW", as well as deposits of rust, sludge and carbonates on the filter mesh of the pump unit; removal of biological deposits in the water cooling circuit of the air cooler of the electric motor, due to the use of the device "HydroFLOW".

Key words: nuclear energy, electronic water treatment, circulating water supply system, biological fouling, steam turbine condensers, oil coolers, air coolers of turbo generators.

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

А.А. Андрианов³, В.И.Щелкунов⁴

**¹Таврический государственный агротехнологический университет
имени Дмитрия Моторного**

²Общество с ограниченной ответственностью «САВ КОМПЛЕКТ»

**³Запорожское региональное представительство международной торговой
палаты ICC UKRAINE**

⁴Международная торговая палата ICC UKRAINE

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕСТОВОГО ПРИБОРА ЭЛЕКТРОННОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ «HydroFLOW» В СИСТЕМЕ ОБОРОТНОГО ТЕПЛОВОДОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация

По результатам промышленных испытаний тестового прибора электронной водоподготовки и мониторинга теплотехнических параметров технологического оборудования на объектах атомной энергетики.

Основными потребителями технической воды на АЭС являются конденсаторы паровых турбин, маслоохладители и воздухоохладители турбогенераторов, подшипники насосов и других вспомогательных агрегатов, теплообменники вентиляционных систем, теплообменники доохлаждение продувочной воды парогенератора и др.

Длительными испытаниями и тестовым мониторингом доказано: положительный долгосрочный влияние применения прибора «HydroFLOW» на состояние внешней поверхности сеток фильтров при длительной их эксплуатации. Значительное уменьшение количества биологических отложений на внутренней поверхности сетки фильтра при использовании прибора: существенное уменьшение, при использовании прибора «HydroFLOW», «HydroFLOW», биообрастания, а также отложений ржавчины, ила и карбонатов на сетке фильтра



насосного агрегата; удаление, благодаря применению прибора «HydroFLOW», биологических отложений в контуре водоохлаждения воздухоохладителя электродвигателя.

Ключевые слова: атомная энергетика, электронная водоподготовка, система обратного водоснабжения, биологическое обрастание, конденсаторы паровых турбин, маслоохладители, воздухоохладители турбогенераторов.