

**ВИРОБНИЧІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕСТОВОГО ПРИЛАДУ
ЕЛЕКТРОННОЇ ВОДОПІДГОТОВКИ «HydroFLOW»
НА ОБ'ЄКТАХ ВП «Запорізька АЕС» ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ»**

Кюрчев В.М.¹, член-кореспондент НААН України, д.т.н., професор, Ректор,
Мовчан С.І.¹, доцент, *Голова басейнної ради річок Приазов'я*,
Бережецький О.В.², к.т.н., фінансовий директор

¹Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна,

²Товариство з обмеженою відповідальністю «САВ КОМПЛЕКТ»,
м. Запоріжжя, Україна.

Анотація. *Наведено результати промислових випробувань приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» і моніторингу теплотехнічних параметрів в системі охолодження маслованни підшипнику та електродвигуна насосної станції бризкальних басейнів циркуляційної системи на об'єктах атомної енергетики, отримано позитивні результати.*

Постановка проблеми. На підприємствах атомної енергетики системи оборотного тепловодопостачання є важливою складовою і відповідальною ланкою водогосподарського комплексу країни. Від надійної та ефективної роботи технологічного обладнання, трубопроводів та ін. конструктивних елементів залежить надійність усієї галузі, яка постачає тепло з теплоносіями до об'єктів за призначенням.

Технологія проведення випробувань електронної водопідготовки «HydroFLOW» базується на застосуванні певним чином підбраного, встановленого, контрольованого та обслугованого приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води, що неінтрузивно (ззовні, без розрізання труби) монтується на трубу безпосередньо перед входом охолоджуючої води у випробувальний об'єкт та підключається до електричної мережі змінного струму напругою 220В. Під впливом спеціального імпульсного синусоїдального затухаючого сигналу, що генерується приладом та розповсюджується за водним струмом в обидва боки (у прямому та зворотному напрямках) на відстань до 1000 метрів від місця монтажу, іони формуються у неадгезивні кластери, які вже не мають фізичної можливості прикріплюватися до внутрішніх поверхонь труб і обладнання та формувати шар складних комбінованих відкладень на базі карбонатів кальцію та магнію, перешкоджаючи регламентному функціонуванню обладнання. У подальшому ці, штучно сформовані неадгезивні скупчення кластерів іонів кальцію та магнію, поступово виносяться із загальним обсягом охолоджуючої води через градирню з випадінням у осад.

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 було змонтовано на час випробувань прилад електронної

водопідготовки «HydroFLOW» (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд контрольних елементів в процесі монтажу і запуску приладу «HydroFLOW»

З метою візуальної оцінки стану елементів контурів водоохолодження насосних агрегатів НС19 і НС20, об 11⁰² 25.08.2020 р., 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 із заміною сіткових елементів на чисті з наявного обмінного фонду і з відбором проб відкладень і води.

Також було оглянуто фланцеві з'єднання підвідних гребінок на систему розведення трубок охолодження електродвигуна з нанесенням контрольних зарубок, відбором проб відкладень 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" [2, 3 (Додаток 6), 4].

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.1).

Після установки приладу "HydroFLOW" було увімкнене у розетку однофазної електричної мережі змінного струму 220В, опломбовано пломбою №L90279828 CONTROL (рис. 1) і зачинено в металевий захисний антивандальний кожух на ключ. Повторний пуск (старт випробувань) HC19 і HC20, після монтажу фільтра і елементів електродвигуна, було здійснено о 16⁵⁴ 25.08.2020 р.

Порівняння зовнішнього вигляду відкладень на внутрішніх поверхнях сіток фільтрів. На фотографіях, в т.ч. і на їх збільшених фрагментах (рис. 2, 3, 4), чітко видно, що кількість біологічних відкладень на внутрішніх поверхнях сітки фільтра HC20, що піддавався в ході випробувань впливу сигналу "HYDROPATH", значно менше, ніж на сітці фільтру HC19. Дане явище, скоріш за все, пояснюється двома факторами:

- Наведеним раніше негативним впливом на розвиток мікроорганізмів сигналу "HYDROPATH";
- Видаленням з потоком води на ранньому етапі мікроорганізмів і дрібних, розміром до 1 мм, тільки народжених особин молюсків крізь чистіші осередки сітки фільтра і далі – крізь більш чистіші прорізи в металевому "стакані" фільтра HC20 (див. Рис. 6).

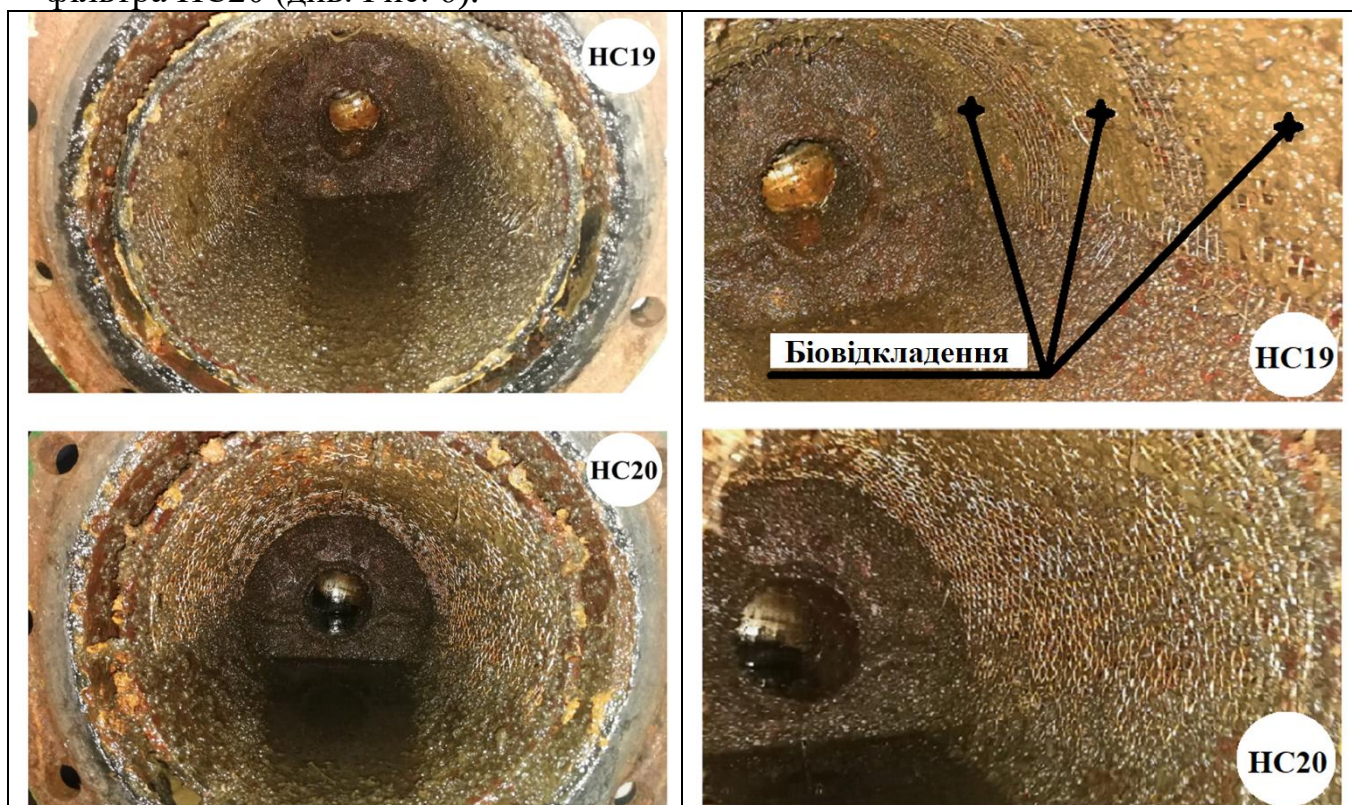


Рис. 2. Загальний вигляд внутрішніх поверхонь сіток фільтрів HC19 і HC20. Помітним є менше біообростання сіток HC20 по відношенню до сіток HC19.

Рис. 3. Порівняння ступеня біообростання внутрішніх сіток фільтрів HC19 і HC20 (збільшений фрагмент)

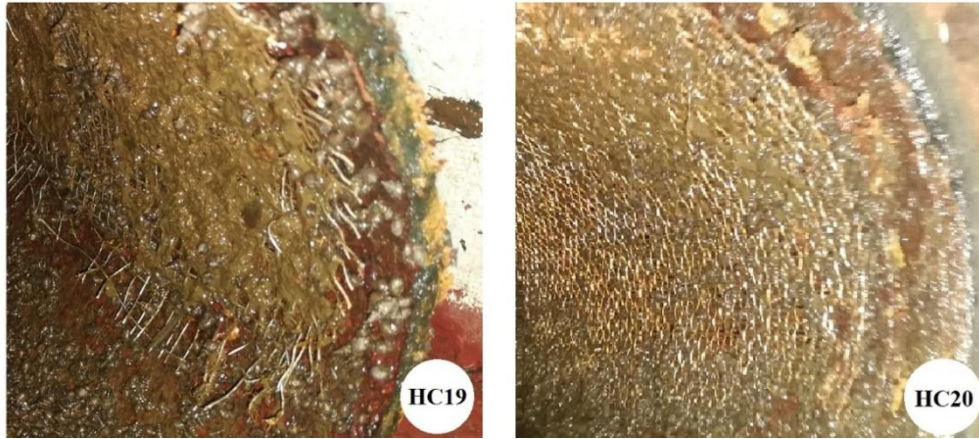
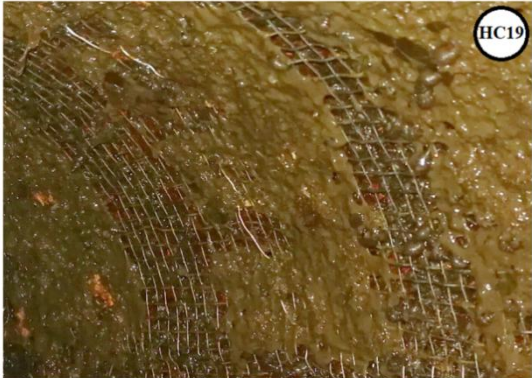
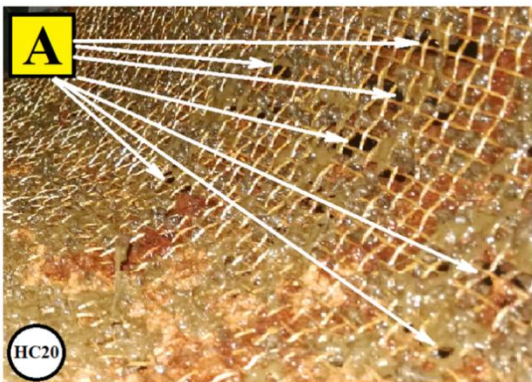


Рис. 4. Збільшені фрагменти біовідкладень на внутрішніх поверхнях сіток фільтрів НС19 і НС20. Відкладення на НС19 помітно більше за площею і щільніше за консистенцією

Також на фото (Рис. 5) добре видно, що кількість мушлей, при розбиранні на сітці фільтру НС19 (верхнє фото) помітно більше, присутні особини молюсків всіх розмірів, вода брудна, з великим вмістом мулистої складової. На сітці фільтру НС20 (нижнє фото) кількість мушлей менше, особливо дрібні особини практично відсутні, вода прозора, мулиста складова відсутня.

 	 
Рис. 5. Порівняння відкладень мушлей-тіарид на сітках фільтрів насосних агрегатів. На фото зверху (НС19, без приладу) кількість мушлей помітно більша, присутні особини молюсків всіх розмірів, вода брудна з великим вмістом мулистої складової. На фото знизу (НС20 - з приладом "HydroFLOW") кількість мушлей менша, особливо дрібні особини практично відсутні, вода прозора, мулиста складова відсутня.	Рис. 6. Різниця в фільтрації крізь сітки. Елементи А (НС20) - очищені завдяки впливу приладу "HydroFLOW" прорізи, що активно пропускають крізь себе зважені частинки корозії, бруду та біомаси, що включає молюсків сімейства Thiaridae.

На фото (Рис. 6) простір між сіткою і металевим "стаканом" з прорізами фільтра НС 19 (фото зверху) щільно заселено мушлями і мікрководоростями, у той час, як аналогічна ділянка на фільтрі НС20 (фото знизу) знаходиться в настільки чистому стані, що крізь нержавіючу сітку видно чисті прорізи в "стаканах" фільтра (Елементи А).

Висновки та практичні рекомендації. Підсумки випробувань довели надійність, ефективність та тривалість процесів захисту та боротьби з накипом і біообростанням на робочих поверхнях елементів контуру без застосування механічного очищення та застосування хімічних реагентів.

Отримані результати випробувань приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води в робочому режимі, які проводилися у жорстких умовах працюючої металургійної печі під час реального виробничого процесу, наочно довели надійність та ефективність процесу захисту та боротьби із накипом на робочих поверхнях елементів контуру водоохолодження печі, забезпечуючи екологічну безпеку водних об'єктів, збільшення міжремонтного періоду експлуатації феросплавної печі, зменшення обсягів та вартості ремонтних робіт та зменшення техногенного навантаження на водні об'єкти.

Література

1. Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 96752. Науковий твір «Звіт про виробничі випробувань приладу імпульсної електромагнітної високочастотної електромагнітної обробки води в системах оборотного водопостачання промислових підприємств пластинчастого теплообмінника паросилового котла центральної компресорної станції» / О.В. Бережецький, В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан та інш.. Заявка № 98233. Від 11.03.2020 р. Дата реєстрації 19.03.2020 р. – 19 с.

2. 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. Ваврікович, С.І. Мовчан та інш. ТОВ «САВ Комплект», Енергодар-Запоріжжя, 2021. - 103 с. Режим доступу: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/13732> (дата звернення: 14.05.2021 р.).

3. Рабочий отчёт по итогам производственных испытаний тестового прибора электронной водоподготовки «HydroFLOW» на системе охлаждения маслованны подшипника и электродвигателя насосной станции №20 брызгальных бассейнов циркуляционной системы ОП «Запорожская АЭС» ГП «НАЭК «ЭНЕРГОАТОМ» / А.В. Бережецкий, В.М. Ваврикович, С.И.Мовчан та інш. ООО «САВ Комплект», Энергодар-Запорожье, 2021. - 106 с.

URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/13732> (дата звернення: 14.05.2021 р.)

4. Протокол № 3838-21/1788 от 19.10.2020 г. по результатам обследования фильтров 19,20UL10N03, фланцевых соединений и трубопроводов охлаждения электродвигателей 0UL10D19,20 перед началом испытаний / ООО «САВ Комплект», Энергодар-Запорожье, 2021. - 9 с.

URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/13732> (дата звернення: 15.05.2021 р.)

5. Протокол № 38-21/2207 от 31.12.2020 по результатам обследования фильтров 19,20UL10N03, фланцевых соединений и трубопроводов охлаждения электродвигателей 0UL10D19,20 после испытаний устройства электромагнитной обработки воды «Hydroflow-test» / ООО «САВ Комплект», Энергодар-Запорожье,

2021. - 10 с. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/13732> (дата звернення: 14.05.2021 р.)

6. Кюрчев В.М. 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. М. Ваврікович, О.В.Бережецький та інш. // Матеріали XIII-ої науково-практичної конференції «Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи». Державний навчальний заклад «Якимівський професійний аграрний ліцей» / Укладачі: С. І. Мовчан (*відп. за випуск*), О.О. Дереза. ДНЗ «Якимівський професійний аграрний ліцей», Якимівка, 2021 р. С.5-11.

7. Кюрчев В.М. Підготовка та використання води в системах оборотного тепловодопостачання / В.М. Кюрчев, С.І Мовчан, О.В. Бережецький та інш. // Матеріали XIII-ої науково-практичної конференції «Меліорація та водовикористання. Професійна освіта: стан та перспективи». Державний навчальний заклад «Якимівський професійний аграрний ліцей» / Укладачі: С. І. Мовчан (*відп. за випуск*), О.О. Дереза. ДНЗ «Якимівський професійний аграрний ліцей», Якимівка, 2021 р. С.12-18.

8. Патент на корисну модель № 147464 Україна, МПК⁷ B08 B7/00 (2006.01). B08 B9/02(2006.01). Система імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води в теплообмінних апаратах / О.В.Бережецький, В.М.Кюрчев, С.І. Мовчан та інш.. – Заявка № 2020 06271; заявл. 28.09.2020, Дата, з якої чинними є права інтелектуальної власності 13.05.2021. Публ. відомостей про державну реєстрацію 123.05.2021. Бюл. № 19.

9. Патент на корисну модель № 147830. Україна, МПК⁷. B08B9/02(2006.01). Пристрій очищення й підготовки внутрішньої металевої поверхні трубопроводів систем оборотного тепловодопостачання / С.І.Мовчан, - Заявка №2020 07710; заявл. 03.12.2020. Дата, з якої чинними є права інтелектуальної власності 17.06.2021. Публ. відомостей про державну реєстрацію 16.06.2021. Бюл. № 24.

10. Патенту на корисну модель №148440. МПК⁷ (2021.01). B08 B7/02 (2006.01). B08 B9/02(2006.01). F28 G7/00. Спосіб підготовки та використання води в системі кожухотрубного рекуперативного теплообмінного апарату / О.В. Бережецький, В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан та інш. – Заявка № 2020 06677; Дата подачі заявки 16.10.2020. Дата, з якої є чинними є права інтелектуальної власності 12.08.2021. Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: 11.08.2021, Бюл. №32.

11. Патенту на корисну модель №148563. МПК⁷ B08B7/02(2006.01). B08B9/02(2006.01). Спосіб підготовки та використання води в системі пластинчастого теплообмінного апарату / О.В. Бережецький. В.М.Кюрчев, С.І.Мовчан та інш.- Заявка № 2020 06675; Дата подачі заявки 16.10.2020. Дата, з якої є чинними є права інтелектуальної власності 26.06.2021. Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: 25.06.2021, Бюл. №34.

12. Кюрчев В.М. Імпульсна високочастотна електромагнітна обробка води в системах оборотного тепловодопостачання (на прикладі ВП «Запорізька АЕС» ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ») / В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В. Бережецький // Еко Форум-2021: збірка тез доповідей V спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 14-16 вересня 2021 р./ Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата. – Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2021. – 311 с. С. 200-201.