

**Бережецький О.В.,**

**Кюрчев В.М.,**

**Мовчан С.І.**

**ЗВІТ від «26» листопада 2019р.**

**«Щодо виконання Програми виробничих випробувань приладу  
«Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику № 1  
(ПТО №1) (паросилового) цеху № 18  
центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжбразив»**

## 1. Вступна частина

Програму виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику № 1 (ПТО №1) (паросилового) цеху № 18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжжябразив» розроблено та виконано ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ». Також, фахівцями ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ» виконано роботи з монтажу-демонтажу та пуску обладнання, розробки програмного забезпечення, організації робіт зі зняття, передачі та аналітичної обробки даних, авторського надзору, підготовки та оформлення цього Звіту.

## 2. Загальні Положення

Одним з головних питань експлуатації металургічних заводів, зокрема – у абразивному виробництві, є організація технічно, економічно та екологічно ефективних методів боротьби із формуванням карбонатних та біологічних відкладень на робочих поверхнях теплообмінного та іншого обладнання у процесі циркуляції води різного ступеню попередньої підготовки.

За підсумками попередніх презентацій та тверджень ТОВ «Гідрофлоу Україна», у тому числі - із посиланням на великий обсяг практичних впроваджень на виробничих об'єктах як за кордоном, так і в Україні, було визнано слушним організувати виробничі випробування приладу «Hydroflow Industrial (test)» виробництва британської компанії «HYDROPATH HOLDINGS LIMITED» на діючому обладнанні ПрАТ «Запоріжжябразив».

Враховуючи відповідальність обладнання ПрАТ «Запоріжжябразив» та необхідність відпрацювання алгоритмів аналітичного контролю за ефективністю застосування приладів «Hydroflow Industrial (test)», було визнано доцільним, окрім оцінювання підсумків виробничих випробувань за наслідками візуальних та традиційних технічних методів оцінки ефективності дії приладів «Hydroflow Industrial (test)», організувати, паралельно, під час випробувань, регулярний збір, обробку, аналіз та дистанційну передачу даних, що, додатково, дозволить, безпосередньо у процесі проведення випробувань, оцінювати та контролювати процеси захисту та боротьби із накипом та біообростанням на внутрішніх робочих поверхнях обладнання, дозволивши розробити діючу модель дистанційного моніторингу стану випробувального об'єкту.

### 2.1. Проблемні питання забруднення відкладеннями внутрішніх поверхонь теплообмінного обладнання, підбір технології боротьби з ними

Загальновідомо, що однією з головних проблем ефективності та надійності експлуатації систем обігового водопостачання промислових, у тому числі – металургічних підприємств, є накопичування на внутрішніх поверхнях обладнання карбонатних та біологічних відкладень, які шкодять процесам тепловідведення, скорочуючи ресурс обладнання, не дозволяють тривалий час забезпечувати теплові параметри технологічного циклу, призводять до підвищених простоїв та обсягів ремонтних робіт.

Шар накипу товщиною 1 мм, за термічним спротивом, має еквівалент орієнтовно 40 мм сталевий стінки, а плівка мікроорганізмів товщиною у 0,25 мм може знизити теплопередачу до 25%.

Традиційні механічні та хімічні засоби боротьби з відкладеннями на внутрішніх поверхнях металургійного обладнання, як правило - недосконалі, витратні, несуть у собі негативні екологічні наслідки та ризики пошкодження обладнання. А саме головне – вони не вирішують питання подальшого захисту очищених поверхонь від тих же відкладень у процесі подальшої експлуатації навіть після чергового очищення.

Особливо ризикованими та небезпечними є часті зупинки та хімічні кислотні обробки пластинчастих теплообмінників. Кожна з них неминуче призводить до пошкодження тонкого плакіровочного шару, що, попередньо, в умовах заводського виробництва, наноситься на кожен з пластин та до часткової деформації ізолюючих прокладок, що стає причиною деформацій та негерметичності теплообміннику в цілому.

Пошкодження ж гладкого плакіровочного шару, у свою чергу, веде до підвищеної шорсткості поверхні пластини, підвищеної адгезивності, стрімкого наростання шару нових відкладень та швидкої втрати короткострокового позитивного ефекту після хіміко-механічного очищення. Взагалі, на сьогодні, в промисловості України, не існує широко та системно впроваджених ефективних програм організації захисту ВХР оборотних систем охолодження, що б вирішували одночасно наступні чотири проблеми:

- знищення та запобігання виникненню карбонатних відкладень;
- зниження швидкості корозії конструкційних матеріалів;
- знищення та запобігання біологічного обростання систем охолодження;
- знищення та запобігання корозії металу.

Багаторічний, підтверджений у багатьох країнах світу, різноманітний досвід ефективного використання технології електронної водопідготовки «HydroFLOW» британської компанії HYDROPATH HOLDINGS LIMITED у боротьбі з існуючими карбонатними та біологічними відкладеннями, а також корозією, зокрема – у важкій промисловості та енергетиці, дозволяє розглядати її як ефективний варіант одночасної боротьби з вказаними проблемами.

Окремим питанням у процесі експлуатації теплообмінників масляних компресорів є проблема відкладень на поверхні пластин ПТО, з боку оберту оливи, продуктів її окислення - як наслідок суттєвого зменшення коефіцієнту теплопередачі пластин теплообміннику за рахунок недоохолодження з боку водного контуру.

Ці відкладення інтенсивно формуються за високих температур та у присутності кисню з повітря. Інтенсивні відкладення на пластинах ПТО з боку масляного контуру складаються з продуктів поліконденсації та осмолення ненасичених вуглеводнів, коксоутворення, а також продуктів корозії технологічного обладнання.

Таким чином, порушення процесу теплопередачі з боку водяного контуру за рахунок формування шару накипу та біоплівки призводить до подвійного негативного ефекту - активного виникнення коксоподібних відкладень на пластинах ПТО зі зворотнього, масляного контуру та стрімкого, лавинообразного погіршення теплообмінних процесів у ПТО в цілому.

Накопичення термобар'єрних відкладень з обох боків пластин ПТО призводить до стрімкого збільшення гідравлічного спротиву теплообміннику та деформації пластин, а також може призвести до повної зупинки обладнання через порушення норм технологічного регламенту або досягнення аварійних обмежень за параметром температури оливи.

У будь-якому випадку, зрозуміло, що експлуатація всього ланцюгу технологічного обладнання на критичних теплових режимах призводить до суттєвого зменшення його експлуатаційного ресурсу та підвищення ризиків аварійних зупинок в його роботі.

## 2.2. Опис впливу вибраної технології на вирішення означених проблем

Запропонована для проведення випробувань технологія 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 700 метрів від місця монтажу, іони формуються у неадгезивні кластери, які вже не матимуть 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.

Одночасно, з цим же потоком, виносяться й залишки зруйнованих, під впливом спеціального імпульсного синусоїдального сигналу, що генерується приладом, біологічних речовин (бактерій та ін.), а також часток водоростей, дрібних механічних крапель, які накопичувалися раніше всередині обладнання та трубопроводних мереж, маючи можливість закріплюватися на стінках у шорсткій складній загальній структурі відкладень карбонатного типу та створюючи щільний термобар'єрний шар, що суттєво знижує вільний отвір труби, підвищуючи гідравлічний спротив, зменшуючи коефіцієнт теплопередачі стінки, ККД та ресурс обладнання у цілому.

### 3. Мета випробувань:

Метою проведення виробничих випробувань, згідно з затвердженою Програмою виробничих випробувань, є:

3.1. Демонстрація, в умовах реального виробництва, ефективності дії приладу електромагнітної обробки води «Hydroflow Industrial (test)», його спроможності щодо видалення старих карбонатних відкладень, надійного захисту від утворення нових карбонатних відкладень (виключення або суттєве зменшення) та усунення біологічних відкладень (біоплівки, бактерій) на внутрішніх поверхнях обладнання та трубопроводів на прикладі практичного тестування приладу «Hydroflow Industrial (test)» на обладнанні ПрАТ «Запоріжжябразив»;

3.2. Перевірка впливу дії приладу «Hydroflow Industrial (test)» на вирішення проблеми утворення закоксованих відкладень на поверхнях пластин з боку оберту оливи;

3.3. Прийняття обґрунтованого рішення щодо подальшого програмного впровадження на підприємстві приладів електромагнітної обробки води «HydroFLOW», у тому числі - на об'єктах більшої потужності та вищого ступеню відповідальності, яке, у разі позитивних підсумків випробувань, буде покладено у основу Програми комплексного впровадження технології «HydroFLOW» на потужностях ПрАТ «Запоріжжябразив».

#### 4. Об'єкт випробувань:

Вірний підбір обладнання, що випробовується, та організація процедури виробничих випробувань, є ключовими попередніми задачами для винесення у подальшому об'єктивного комплексного рішення щодо дієздатності та ефективності приладів електромагнітної обробки води «Hydroflow Industrial (test)», а також – оцінки можливості подальшої екстраполяції їх підсумків на об'єкти більшої потужності та вищого ступеню відповідальності.

Об'єктом випробувань ( у подальшому – ОБ'ЄКТ) затверджено:

- Пластинчастий теплообмінник № 1 (ПТО №1) (паросилового) цеху № 18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжжябразив».

#### 4.1. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТУ:

Модель теплообміннику: Thermaks РТА (GL) 13-Р-50-6,14-1К

Гріюча сторона: Олива                      Сторона, що відводить тепло: вода

Робоча температура Олива 105/80°C                      Вода: 30/50°C

Коеф.Теплопередачі (факт). = 1509

Коеф.Теплопередачі (потріб). = 1086

Площа Теплопередачі = 6,14 кв.м

Середній логарифмічний температурний напір: 52,46°C

Коефіцієнт. забруднення = 0,2532

Кількість проходів = 1

Товщина пластин = 0,5 мм

Діаметри штуцерів (вхід-вихід) = 57 мм

#### 4.2. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ВОДИ У КОМПРЕСОРНІЙ:

- рН = 8,2-8,5
- Прозорість = 20 см.
- Жорсткість = 7,5-8,0 мг.екв\литр
- Лужність = 2,2-2,5
- Хлориди = 120-140 мг\л
- Сульфати = 210-220 мг\л
- Сухий залишок = 1450-1500 мг\л
- Залізо загальне = 0,3-0,5 мг\л
- Зважені речовини = 10-12 мг\л

#### 4.3. ПРИНЦИП ДІЇ ОБ'ЄКТУ:

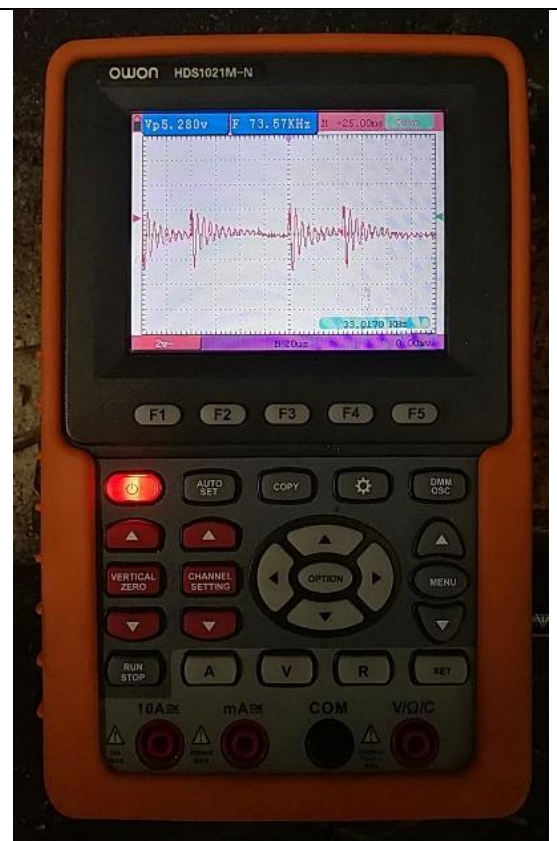
Відібрана з басейну градирні, очищена за допомогою механічного фільтру, вода, через систему водогонів, без додаткового застосування хімреагентів, потрапляє, через вхідний трубопровід зовнішнім діаметром 57 мм до ОБ'ЄКТУ, у якому, через систему водоохолоджуючих елементів (пластин), відбирає та виводить, через вихідний патрубок такого ж діаметру, надлишкову теплову енергію від охолоджуваної оливи, що обертається у відповідному контурі.

#### 5. ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ:

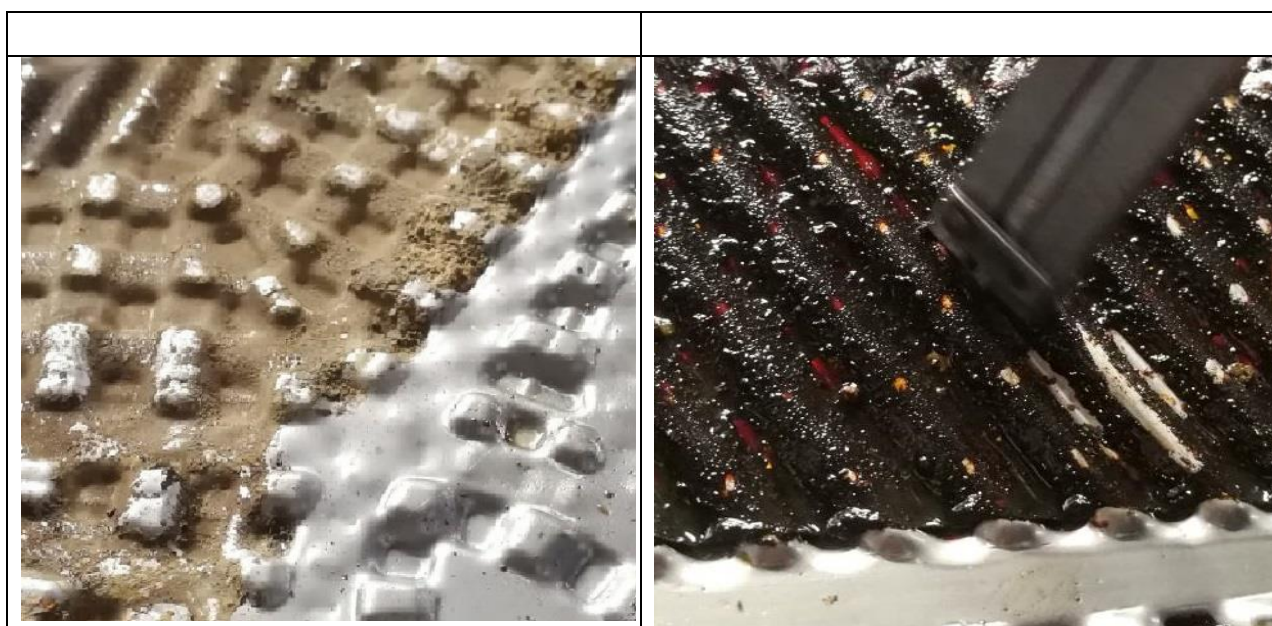
##### 5.1. МОНТАЖ ПРИЛАДУ

Згідно із «Актом №2 від 02 жовтня 2019р. запуску виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)», на пластинчастому теплообміннику № 1 (ПТО №1) (паросилового) цеху №18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжбразив» прилад «Hydroflow Industrial-test» (№ 15115) було встановлено на спеціально виконану трубчасту вставку.

Перед встановленням приладу електромагнітної обробки води «Hydroflow Industrial (test)», було проведено хімічне та механічне очищення пластин «ОБ'ЄКТУ» від накипу та масляного нагару з повним демонтажем, його подальша збірка та опресування, що дозволило, з першого ж разу, запустити «ОБ'ЄКТ» після ремонту. Стан пластин до та після очищення було зафіксовано у відповідному Акті.



Після встановлення приладу «Hydroflow Industrial (test)», сигнал, що ним генерується, було перевірено, з усунуванням «електромагнітних петель», за допомогою осцилографу.



## 5.2. ВИМІРЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ДАНИХ

З метою організації періодичної фіксації даних та здійснення дистанційного моніторингу, було встановлено додаткове вимірювальне обладнання (термометри та манометри), розроблено та надано 2 екземпляри «Журналу обліку технічних параметрів теплообміннику» та передачу відповідних даних.

Було розроблено, на базі вивчення технічної літератури, спеціальне програмне забезпечення для обчислення, на базі переданих даних вимірювальних приладів.

Зміни коефіцієнту теплопередачі, середнього логарифмічного напору (LMTD), а також умовної розрахункової товщини шару накипу (УРТШН) повинні досить показово демонструвати, у разі успіху, задекларовану ефективність приладу «Hydroflow Industrial (test)», а також - сигналізувати про критичну забрудненість пластин ПТО та необхідність його зупинки та очищення.

Товщину відкладень на стінках ПТО, в однакових умовах дії приладу «Hydroflow Industrial (test)» та більш - менш стабільного діапазону температур робочих рідин, можна розглядати як функцію від терміну використання обладнання.

За переданими даними, з періодичністю у 2 години, обчислювалися параметри, що, дозволяли контролювати динаміку змін якості стану внутрішніх поверхонь «ОБ'ЄКТУ» під впливом дії «Hydroflow Industrial (test)» :

- Середнього логарифмічного температурного напору (LMTD), як одного з головних факторів, що визначають інтенсивність теплообміну та безпосередньо відображають досконалість теплообміну в агрегаті (паспортний показник дорівнює 52,46);

- Умовної розрахункової товщини шару накипу на пластинах (УРТШН) теплообміннику.

За обчисленими даними, в автоматичному режимі, за поліномінальним алгоритмом, вибудовувалися лінії трендів обох цих показників.



### 5.3. Аналіз динаміки змін середнього логарифму температурного напору



**Мал.1 Динаміка змін логарифмічного температурного напору на протязі випробувань (вхід у свіжоочищеному стані)**

#### 5.4. Опис графіку

На першому етапі, з початку випробувань (на протязі перших 6 діб) відбувається помітне зростання показника середнього логарифмічного температурного напору (LMTD) практично до паспортного значення, що є наслідком швидкого процесу остаточного зачищення залишкового бруду в умовах свіжозачищених пластин теплообміннику та перехідних процесів.

На другому етапі, в результаті активного ударного «накиду» карбонатів, мулу та біовідкладень на шорстку, зі знятим, після хімічного очищення, плакiрочним шаром, пластину, відбулося значне зменшення розрахункового показника LMTD. Сумарний період двох етапів склав 9-10 діб.

Після цього (на третьому етапі), відбувається стабілізація перехідних і стартових процесів та розпочинається прогнозований поступовий активний вплив приладу «Hydroflow Industrial (test)», йдуть активні процеси групування іонів кальцію та магнію у неадгезивні кластери, а також знищення бактерій та вимивання їх залишків через градирню у басейн. Відбувається поступове вимивання сформованого під час другого етапу «накиду», що супроводжується поступовим повільним зростанням показника LMTD.

На четвертому етапі, з показника часу 350-390, відбулися високоамплітудні коливання показника середнього логарифму температурного напору (LMTD) у зв'язку із дуже великим градієнтом температур у басейні градирні, пов'язаним з активними приморозками у цей

період – система та математичні формули не в змозі м'яко та коректно відпрацьовувати такі стрімкі пікообразні коливання.

Далі – продовжилося поступове повільне зростання контрольного показнику LMTD. Лінія поступово переходить майже у горизонтальну. Теоретичним лімітом, при цьому, залишається паспортний показник = 52,46, який, апріорі, не може бути досягнутий в умовах реального виробничого процесу.

#### 5.5. Умови експлуатації системи охолодження «ОБ'ЄКТУ»

Згідно із виробничими планами та технологічними картами, «ОБ'ЄКТ» працював у сталому режимі та стабільно виконував головну поставлену задачу – забезпечення заданого тиску повітря у магістралі заводу.

Робочі експлуатаційні діапазони системи:

Температура води на вході: 10-25°C

Температура води на виході: 24-33°C

Температура оливи на вході: 94-103°C

Температура оливи на виході: 46-53°C

Тиск оливи на вході: 5 Атм

Тиск оливи на виході: 6 Атм

Типовий тиск суміші на виході в магістраль: тиск: 5,4-6,0 кгс/см<sup>2</sup>

Граничний рівень (автоматичне відключення) температури оливи на вході = 105°C

У процесі випробувань усі, навіть дуже швидкі, перепади температур, такі як збільшення температури у басейні, пов'язані із нетиповою, надзвичайно теплою погодою або піковим зростанням температури оливо-повітряної суміші на видачі, спричиненим тимчасовим перевантаженням у заводській мережі було впевнено відпрацьовано «ОБ'ЄКТОМ».

Наближення до зони автоматичного відключення «ОБ'ЄКТУ» (105 град.) не відбулося жодного разу та за жодних режимів, що свідчить про досягнутий та підтриманий у процесі функціонування приладу «Hydroflow Industrial (test)» високий ступінь чистоти поверхні.

Екстраполюючи отриманий показник середнього логарифмічного температурного напору (LMTD) на подальший запланований період випробувань, можна впевнено стверджувати про успішні результати застосування приладу «Hydroflow Industrial (test)».

#### 5.6. Аналіз динаміки умовної товщини накипу

Необхідність введення терміну «умовної товщини шару накипу» (УРТШН) пов'язано з неможливістю встановлення (аналітично або, у рамках даного дослідження - лабораторного) чіткого та фіксованого визначення параметру коефіцієнту теплопередачі відкладень.

Тренд динаміки змін умовної товщини накипу (якщо припустити, що коефіцієнт теплопередачі накипу у період випробувань залишається незмінним) веде себе практично дзеркально по відношенню до попередньо докладно дослідженого показнику LMTD.

Відсутність зростання розрахункового показнику товщини накипу (навіть повільне його зменшення) свідчить про ефективний захист

випробувального обладнання за допомогою приладу «Hydroflow Industrial (test)».

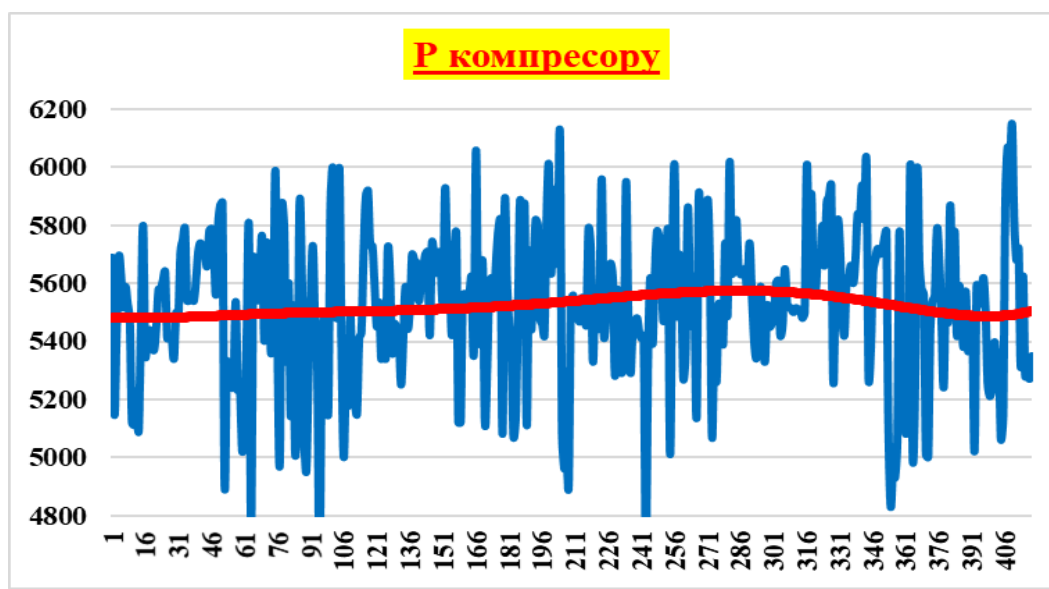


**Мал.2 Динаміка умовної товщини накипу (вхід у свіжоочищеному стані)**

### 5.7. Контроль за роботою приладу «Hydroflow Industrial (test)»

Запланований термін випробувань – 3 місяці. Фактичний термін випробувань – 805 годин 10 хв. (33,5діб.), випробування було припинено о 16.20 «08» листопада 2019р., за розпорядженням заст. нач. цеху п. Бондаренка В.Г., у зв'язку із аварійним виведенням з експлуатації компресору, що обслуговувався «ОБ'ЄКТОМ»

Весь час виробничих випробувань обладнання знаходилося у робочому стані та видавало сигнал запланованого виду та потужності, практично без суттєвих коливань. Зупинок «ОБ'ЄКТУ» за провиню тестового приладу «Hydroflow Industrial (test)» не зафіксовано .



**Мал.3. Динаміка зміни тиску оливо-повітряної суміші на видачі у заводську мережу (головний показник роботи ОБ'ЄКТУ)**

#### 5.8. Завершення випробувань:

Прилад «Hydroflow Industrial (test)» пропрацював без зауважень з боку персоналу та перевищення граничних показників до отримання розпорядження на аварійне відключення «ОБ'ЄКТУ» у зв'язку із виходом з ладу компресору о 16 год. 20 хв. «08» листопада 2019р.

Прилад було демонтовано о 10.45 «21» листопада 2019р. представниками ТОВ «Гідрофлоу Україна».

6. Підсумки візуального огляду розкритого після випробувань пластинчастого теплообміннику

2 грудня 2019 р., у присутності групи фахівців ПрАТ «Запоріжбразив» на чолі з Головою Правління п.Васильковим В.О., було виконано контрольне розкриття «ОБ'ЄКТУ» з метою візуальної оцінки впливу дії тестового приладу «Hydroflow Industrial (test)» на стан поверхонь його пластин як по водному, так і по масляному контурах.

З боку водного контуру було зафіксовано повну відсутність прикипілого шару карбонатних або біологічних відкладень, а наявна напівпрозора плівка легко видалялася ганчір'ям.

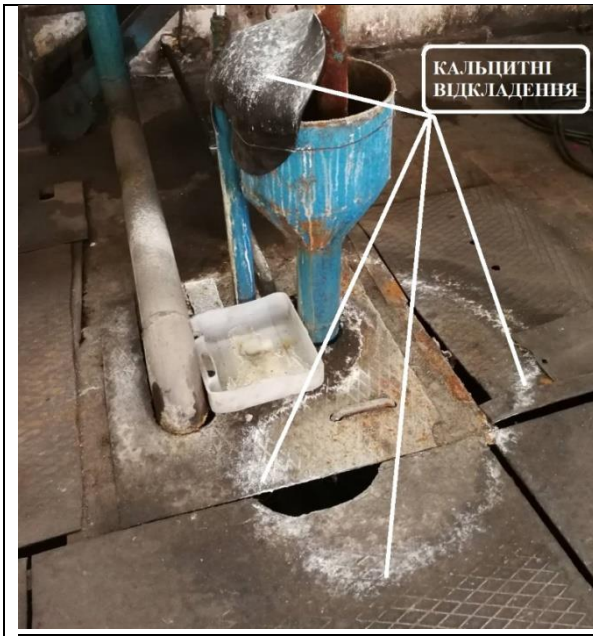
З боку масляного контуру були повністю відсутні закоксовані відкладення оливи, а присутній тонкий шар оливи легко видалявся з поверхні пластини ганчір'ям.

Ці показники повністю підтвердили раніше зроблені, на базі аналітичних розрахунків та їх графічного зображення, висновки щодо ефективності дії тестового приладу «Hydroflow Industrial (test)» на забезпечення надійного захисту робочих поверхонь пластин ПТО від формування на них шарів накипу, біовідкладень та закоксованої оливи.



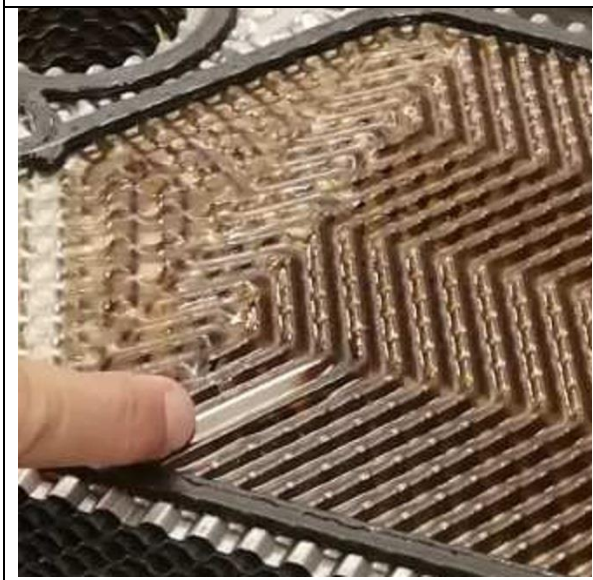
Всі члени приймальної комісії одностайно дійшли висновку щодо ефективності застосування тестового приладу «Hydroflow Industrial (test)» для захисту робочих поверхонь від шкідливих відкладень з обох боків пластин випробувального теплообміннику.

Додатковим опосередкованим доказом активного виводу неадгезивних кальцитних кластерів з контуру водоохолодження теплообміннику є чіткі та інтенсивні білі сліди кальцитів на підлозі у зоні виходу відпрацьованої охолоджуючої води у місці розриву її струменю.



**З ПРИЛАДОМ**  
**«HYDROFLOW»**

**БЕЗ ПРИЛАДУ**  
**«HYDROFLOW»**



7. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ЩОДО ПІДСУМКІВ ВИРОБНИЧОГО ВИПРОБУВАННЯ ПРИЛАДУ ЕЛЕКТРОННОЇ ОБРОБКИ ВОДИ «HYDROFLOW INDUSTRIAL (TEST)» НА ПЛАСТИНЧАСТОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ №1 ПАРОСИЛОВОГО ЦЕХУ №18 ЦЕНТРАЛЬНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ ПРАТ «ЗАПОРІЖАБРАЗИВ»

ГОЛОВНОЮ МЕТОЮ ВИПРОБУВАНЬ приладу «Hydroflow Industrial (test)» було беззаперечне доведення ефективності його роботи шляхом :

- Демонстрації, в умовах реального виробництва, ефективності дії приладу електромагнітної обробки води «Hydroflow Industrial (test)», його спроможності щодо видалення старих карбонатних відкладень, надійного захисту від утворення нових карбонатних відкладень (виключення або суттєве зменшення) та усунення біологічних відкладень (біоплівки, бактерій) на внутрішніх поверхнях обладнання та трубопроводів на прикладі практичного тестування приладу «Hydroflow industrial (test)» на обладнанні ПрАТ «ЗапоріжжяБразив».

- Прийняття обґрунтованого рішення щодо подальшого програмного впровадження на підприємстві приладів електромагнітної обробки води «Hydroflow Industrial (test)», у тому числі - на об'єктах більшої потужності та вищого ступеню відповідальності, яке, у разі позитивних підсумків випробувань, буде покладено у фундамент Програми комплексного впровадження технології «HydroFLOW» на потужностях ПрАТ «ЗапоріжжяБразив».

Дані, наведені у звіті, переконливо доводять, що довготривалі виробничі випробування приладу електронної обробки води «Hydroflow industrial (test)» продемонстрували:

1. Високу ефективність цього методу при видаленні наявних та запобіганні утворення нових карбонатних відкладень на виробничих об'єктах абразивної промисловості, зокрема - системі водоохолодження компресора;

2. Можливість досягнення збільшення ресурсу обладнання, суттєвого покращення процесів водоохолодження та тепловідведення, зменшення теплового навантаження на обладнання, підвищення економічної ефективності ремонтів та експлуатації основного та допоміжного виробничого обладнання у металургії за рахунок зменшення трудовитрат та збільшення міжремонтних періодів;

3. 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 (LMTD) та умовного розрахункового шару накипу (УРТШН), що дозволяє коректно та оперативно, у графічному вигляді відображати відповідні теплотехнічні процеси, що відбуваються у «ОБ'ЄКТІ» під впливом дії приладу «Hydroflow Industrial (test)», додатково доводячи його працездатність та ефективність;

4. Необхідність та ефективність ретельної розробки Програми виробничих випробувань та організації авторського нагляду під час підготовки та проведення виробничих випробувань.

## Примітка:

### 1. Література

1. «Меморандум про партнерство та співпрацю щодо використання сучасних наукових розробок, які ґрунтуються на моделі «зеленої» економіки, заходах із енергозбереження та застосування енергоефективних практик з метою економічного зростання підприємств України» / Федерація роботодавців України (м. Київ), ТДАТУ ім. Дм. Моторного (м.Мелітополь), ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ» (м. Запоріжжя), К.; 2021. – 5 с.

2. ЗВІТ від «26» листопада 2019р. «Щодо виконання Програми виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику № 1 (ПТО №1) (паросилового) цеху № 18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжабразив» / О.В.Бережецький, В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан // ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ», Запоріжжя. – 2019. - 18 с.

### 2. ЗАСТЕРЕЖЕННЯ:

▪ Даний ЗВІТ від «26» листопада 2019р. «Щодо виконання Програми виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику № 1 (ПТО №1) (паросилового) цеху № 18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжабразив»;

▪ Будь яка фізична або юридична особа може використовувати даний Робочий звіт (копіювання, цитування, посилання та інше) лише за умови обов'язкового посилання:

- на ЗВІТ від «26» листопада 2019р. «Щодо виконання Програми виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику № 1 (ПТО №1) (паросилового) цеху № 18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запоріжабразив»

- на наукові праці, які відповідають даній тематиці,
- на осіб-розробників.

© ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ», 2021 р.

© Бережецький О.В., Кюрчев В.М., Мовчан С.І. 2021 р.

### **3. До творчого колективу входять:**

- **Федерація роботодавців України** (м. Київ) - [Ruslan@fru.org.ua](mailto:Ruslan@fru.org.ua);
- **Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного** (м. Мелітополь) - [office@tsatu.edu.ua](mailto:office@tsatu.edu.ua);
- **Товариство з обмеженою відповідальністю «САВ КОМПЛЕКТ»** (м. Запоріжжя); [bav@gas.zp.ua](mailto:bav@gas.zp.ua)

*Адреса для спілкування: доцент Мовчан С. І., доцент, к. т. н.  
завідувач кафедри геоєкології і землеустрою.  
пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька область, 72310  
(e - mail: [serhii.movchan@tsatu.edu.ua](mailto:serhii.movchan@tsatu.edu.ua)).  
вул. Гетьманська, 143, кв. 65, м. Мелітополь, Запорізької обл., 72315  
тел. (067)386-95-44*

### **4. Автори розробки:**

**Бережецький О.В.**, кандидат технічних наук,  
Фінансовий директор товариства з обмеженою відповідальністю  
«САВ КОМПЛЕКТ» (м. Запоріжжя)  
Україна, 69091, м. Запоріжжя, вул. Немировича-Данченка, 58, кв. 25  
E-mail: [metallurgy@ukr.net](mailto:metallurgy@ukr.net)

**Кюрчев В.М.**, доктор технічних наук, професор,  
член-кореспондент НААН України  
Почесний Ректор  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь)  
Україна, 72312, м. Мелітополь, вул. 50-річчя Перемоги, буд. 36/9, кв.99.  
E-mail: [office@tsatu.edu.ua](mailto:office@tsatu.edu.ua)

**Мовчан С.І.**, кандидат технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри геоєкології і землеустрою  
Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь)  
Україна, 72310, м. Мелітополь, вул. Гетьманська, 143, кв. 65.  
E-mail: [serhii.movchan@tsatu.edu.ua](mailto:serhii.movchan@tsatu.edu.ua)



## 5. За результатами проведених досліджень опубліковані наступні наукові праці, інженерно-технічні розробки

1. Кюрчев В.М. Електронна водопідготовка в системі обігового тепловодопостачання промислових підприємств /В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В.Бережецький та інш. АгроТерра. 2020. № 2(9). С. 93-108.

Режими доступу: <http://www.tsatu.edu.ua/eons/elektronna-vodopidhotovka-v-systemi-obihovoho-teplovodopostachannja-promyslovyh-pidpryjemstv/>

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. Мовч та інш. ТОВ «САВ Комплект», Енергодар-Запоріжжя, 2021. - 103 с.

Режим доступу: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/13732>

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 и др. ООО «САВ Комплект», Энергодар-Запорожье, 2021. - 106 с.

Режим доступу: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/13732>

4. Кюрчев В.М. Виробничі випробування тестового приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» в системі оборотного тепловодопостачання / В.М.Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В. Бережецький та інш. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф., В.М.Кюрчев, Мелітополь, ТДАТУ, 2021. – Вип. 11, Том. 1. С.13. DOI: 10.31388/2020-8674-2021-1-1.

Режим доступу: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2021-vypusk-11-tom-1.pdf>

5. Кюрчев В.М. Промислові випробування приладу електромагнітної водопідготовки в системі оборотного тепловодопостачання / В.М. Кюрчев, С.І.Мовчан, О.В. Бережецький та інш. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного : електронний ресурс /ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В.М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 2-15. Вип. 10, том 2.

URL:<http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>

6. 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.

7. Кюрчев В.М., Мовчан С.І., Бережецький Імпульсна високочастотна електромагнітна обробка води в системах оборотного тепловодопостачання / В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан, Бережецький О.В. та інші. // Еко Форум-2020: збірка тез доповідей IV спец.-ного міжнародного Запорізького екологічного форуму 15-17 жовтня 2020 р. // Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата. – Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2020. – 500 с. С.239-240.

[http://zrda.gov.ua/ogoloshennia/13162-iv\\_mizhnarodnii\\_zaporizkii\\_ekologichnii\\_forum\\_eko\\_forum\\_2020.html](http://zrda.gov.ua/ogoloshennia/13162-iv_mizhnarodnii_zaporizkii_ekologichnii_forum_eko_forum_2020.html)

8. Кюрчев В.М., Мовчан С.І., Бережецький О.В. Опит та результати використання технології безреагентної електронної одопідготовки в промисловості та комунальному секторі / В.М.Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В.Бережецький та інші. // Матеріали ІХ Всеукраїнського наукового семінару «Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур» ХНУБА 20-21 жовтня 2020 р., Харків, 2020. - С. 11-13.

9. Кюрчев В.М., Мовчан С.І., Бережецький О.В. Електронна водопідготовка в системі оборотного водопостачання гірничо-збагачувального комбінату / В.М.Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В. Бережецький // Матеріали ХІІ-ої науково-практичної конференції «Меліорація та водовикористання. Функціонування техніко-технологічних систем». Укладачі: С. І. Мовчан (*відп. за вип.*), С. О.Ісаченко, О.О. Дереза. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, ФОП «Ландар С. М.», Мелітополь, 2020 р. С. 4-12.

10. Електронна водопідготовка в системі обігового тепловодопостачання промислових підприємств /В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан, О. В. Бережецький та інші Агротерра. 2020. № 2(9). С. 93-108.

11. 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 и др. ООО «САВ Комплект», Энергодар-Запорожье, 2021. - 106 с.

12. Кюрчев В.М., Мовчан, С.І. Бережецький О.В. Виробничі випробування тестового приладу електронної водопідготовки «HydroFLOW» на об'єктах ВП «Запорізька АЕС» ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» / В.М.Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В. Бережецький // Матеріали ХІV-ої науково-практичної інтернет конференції «Меліорація та водовикористання. З нагоди 90-річчя навчального закладу» Від технікуму до фахового коледжу». / Укладачі: О.В. Мельник, С. І. Мовчан (*відповід. за випуск*), О.О. Дереза. Відокремлений структурний підрозділ "Мелітопольський фаховий коледж Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного", м. Мелітополь, 2021 р. 68 с. С. 5-10