

Бережецький О.В.,

Кюрчев В.М.,

Мовчан С.І.

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

1. Вступна частина

Програму виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику № 1 (ПТО^{3*} №1) (паросилового) цеху № 18 центральної компресорної станції ПрАТ^{1*} «Запорізький абразивний комбінат» розроблено та виконано **спеціалістами ТОВ^{2*} “САВ КОМПЛЕКТ”**. Також, фахівцями ТОВ^{2*} “САВ КОМПЛЕКТ” **проведено** 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 металургійних 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^{2*} «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 доцільним організувати виробничі випробування приладу «Hydroflow Industrial (test)» виробництва британської компанії «HYDROPATH HOLDINGS LIMITED» на діючому обладнанні ПрАТ^{1*} «Запорізький абразивний комбінат».

Враховуючи відповідальність обладнання ПрАТ^{1*} «Запорізький абразивний комбінат» 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 на внутрішніх поверхнях теплообмінного обладнання, підбір технології боротьби з ними

Загально відомо, що однією з головних проблем ефективності та надійності експлуатації систем оборотного водопостачання промислових, у тому числі – металургійних 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 супротивом, має еквівалент орієнтовно 40 мм сталеві стінки, а плівка мікроорганізмів товщиною у 0,25 мм і 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 кожну з пластин та до часткової деформації ізолюючих прокладок, що стає причиною деформацій та негерметичності теплообмінника в цілому.

Пошкодження гладкого плакіровочного шару, в 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^{4*} оборотних систем охолодження, що б вирішували одночасно наступні чотири взаємопов'язані 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 (LMTD^{5****}) 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^{3*}, з боку обертання 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^{3*}, 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 контуру водяного

охолодження за рахунок формування шару накипу та біоплівки призводить до подвійного негативного ефекту - активного виникнення коксоподібних відкладень на пластинах ПТО^{1*} зі зворотного боку, масляного контуру та стрімкого, лавиноподібного погіршення протікання теплообмінних процесів у ПТО^{3*} у цілому.

Накопичення термобар'єрних відкладень з обох боків пластин ПТО^{3*} 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.



Рис. 1. Стан пластини без застосування приладу підготовки води



Рис. 2. Стан пластини із застосуванням приладу підготовки води

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 вкраплень, 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 живого перерізу труби, підвищуючи гідравлічний опір, зменшуючи коефіцієнт теплопередачі стінки, ККД^{7*****} та ресурс обладнання у цілому.

3. Мета випробувань:

Метою проведення виробничих випробувань приладу, згідно з затвердженою «Програмою виробничих випробувань ...», яка полягає у виконанні наступних завдань:

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^{1*} «Запорізький абразивний комбінат».

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 фундамент Програми комплексного впровадження технології «HydroFLOW» на потужностях ПрАТ^{1*} «Запорізький абразивний комбінат».

4. Об'єкт випробувань:

Вірні 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^{3*}, №1) (паросилового) цеху №18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат».

4.1.ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТУ:

Модель теплообміннику: Thermaks PTA (GL) 13-P-50-6,14-1K	
Сторона, яка нагріває носій тепла: олива	
Сторона, що відводить тепло: вода	
Робоча температура:	
олива 105/80°C	вода: 30/50°C
Коефіцієнт теплопередачі	
Фактичне значення = 1509	Потрібне значення 1086
Площа теплопередачі = 6,14 м²	
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:

Показники окремих значень, згідно запропонованої технології водопідготовки на пластинчастому теплообміннику, наведено в табл. 1.

Таблиця 1. – Порівняльні значення: при дослідженні і рекомендованої величини

Показник якості	Значення, згідно запропонованої технології	¹ Рекомендована величина				
		Розробник НДІ ВОДГЕО	В азотном у виробництві	У хлорному виробництві	У країнах східної Європи	У ПША
рН	8,2-8,5					
Прозорість	20 см					
Жорсткість, мгекв./літр	7,5-8,0					
Лужність	2,2-2,5	3-4	-	2-4	2-4	2,5
Хлориди, мг/л	120-140	150-300	До 350	150-300	До 350	500
Сульфат, мг/л	210-220	350-500	Більше 500	350-500	Більше 500	200
Сухий залишок, мг/л	1450-1500					
Залізо загальне, мг/л	0,3-0,5					
Зважені речовини, мг/л	10-12	Менше 50	20-30	10-20	10-20	5

Примітка: ¹Рекомендована величина по окремими показниками, охолодних системах оборотного водопостачання [1, стор. 35].

1. Запольський А.К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А.К. Запольський, Н.А. Мешкова-Клименко, І.М. Астрелін, М.Т. Брик, П.І. Гвоздяк, Т.В. Князькова. Підручник. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.

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 охолоджувальної 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^{3*} №1) (паросилового) цеху №18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат» прилад «Hydroflow Industrial-test» (№ 15115) було встановлено на спеціально виконану трубчасту вставку [3].

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 (Додаток) [3].



Рис. 3. Звгальний вигляд і місце розташування приладу «Hydroflow Industrial (test)»,

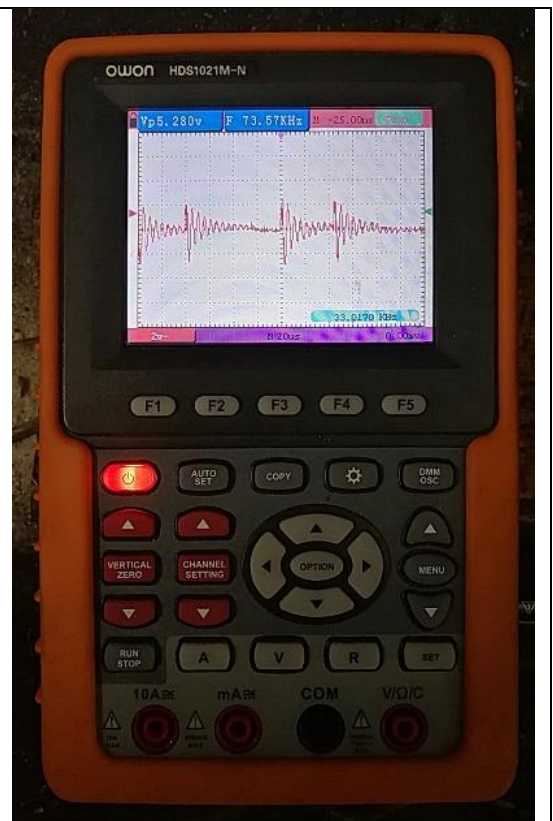


Рис. 4. Вигляд сигналу «Гідропас» на екрані портативного осцилографа

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



Рис. 5. Вигляд пластини тепломіннику до випробувань (накипу на водяному боці пластини)



Рис. 6. Вигляд пластини тепломіннику до випробувань (закоксована олива на зворотному боці цієї ж пластини)

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.

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

Зміни коефіцієнту теплопередачі, середнього логарифмічного напору ($LMTD^{5****}$), 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^{3*} та необхідність його зупинки та очищення.

Товщину відкладень на стінках ПТО^{3*}, 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 ($LMTD^{5****}$)**, 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 середньологарифму температурного напору

На рис. 7 наведені значення логарифметричного температурного напору. Значення, отримані внаслідок промислових випробувань і паспортними даними



Рис. 7 Динаміка змін середньологарифмічного температурного напору на протязі випробувань (вхід у свіжоочищеному стані)

Графічні залежності наочно свідчать, що має місце поступове зростання і подальша стабілізацію показників на рівні 49 одиниць.

5.4. Опис графіку

З наведених графічних залежностей (рис.1) наочно видно три етапи (ділянки) динаміки змін середньологарифмічного температурного напору

На першому етапі, з початку випробувань (**на протязі перших 6 діб**) відбувається помітне зростання показнику середнього логарифмічного температурного напору ($LMTD^{5****}$) 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^{5****}**. 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 показнику **LMTD^{5****}**.

На четвертому етапі, з показника часу **350-390** кількості вимірювань відбулися високоамплитудні коливання показника середнього логарифму температурного напору (**LMTD^{5****}**) 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, згідно плану випробувань у промислових умовах, продовжилося поступове повільне зростання контрольного показнику **LMTD^{5****}**. Лінія поступово переходить майже у горизонтальну. Теоретичним лімітом, при цьому, залишається паспортний показник **дорівнює 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 у магістралі заводу.

Робочі експлуатаційні діапазони системи:

Робоча температура води на%	
вході 10-25°C	виході 24-33°C
Температура оливи на:	
вході 94-103°C	виході 46-53°C
Тиск оливи на	
вході: 5 Атм	виході: 6 Атм
Типовий тиск суміші на виході в магістраль: тиск: 5,4-6,0 кгс/см²	
Граничний рівень (автоматичне відключення) температури оливи на вході дорівнює 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 °C**) 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 тренд середнього логарифмічного температурного напору ($LMTD^{5****}$) на подальший запланований період випробувань, можливо впевнено стверджувати про успішні результати застосування приладу «Hydroflow Industrial (test)».

5.6. Аналіз динаміки умовної товщини накипу

Необхідність введення терміну «умовної **розрахункової** 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 $LMTD^{5****}$.

На рис. 8 наведені графічні залежності динаміки умовної товщини накипу (вхід у свіжоочищеному стані).

Графічні залежності наочно свідчать, що поступове зменшення умовної товщини накипу. Показник на кінці терміну випробувань зупинився на рівні 0,08 мм.

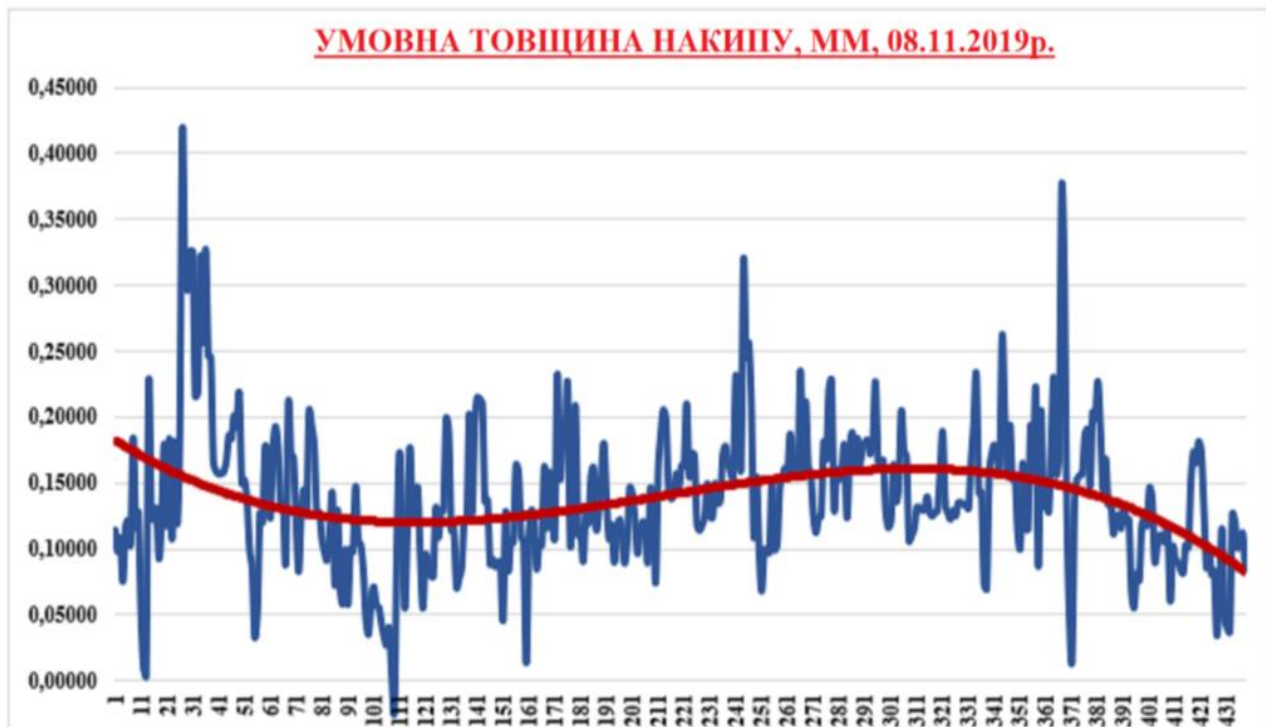


Рис. 8 Динаміка умовної товщини накипу (вхід у свіжоочищеному стані)

Відсутність зростання розрахункового показнику товщини накипу (навіть повільне його зменшення) (рис. 8) свідчить про ефективний захист випробувального обладнання за допомогою приладу «Hydroflow Industrial (test)».

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

Запланований термін випробувань – 3 місяці. Фактичний термін випробувань – **805 годин 10 хв. (33,5 діб.)**, випробування було припинено о **16.20 «08» листопаду 2019р.**, за розпорядженням керівництва, 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.

На рис. 9 наведена динаміка умовної товщини накипу (вхід у свіжоочищеному стані)

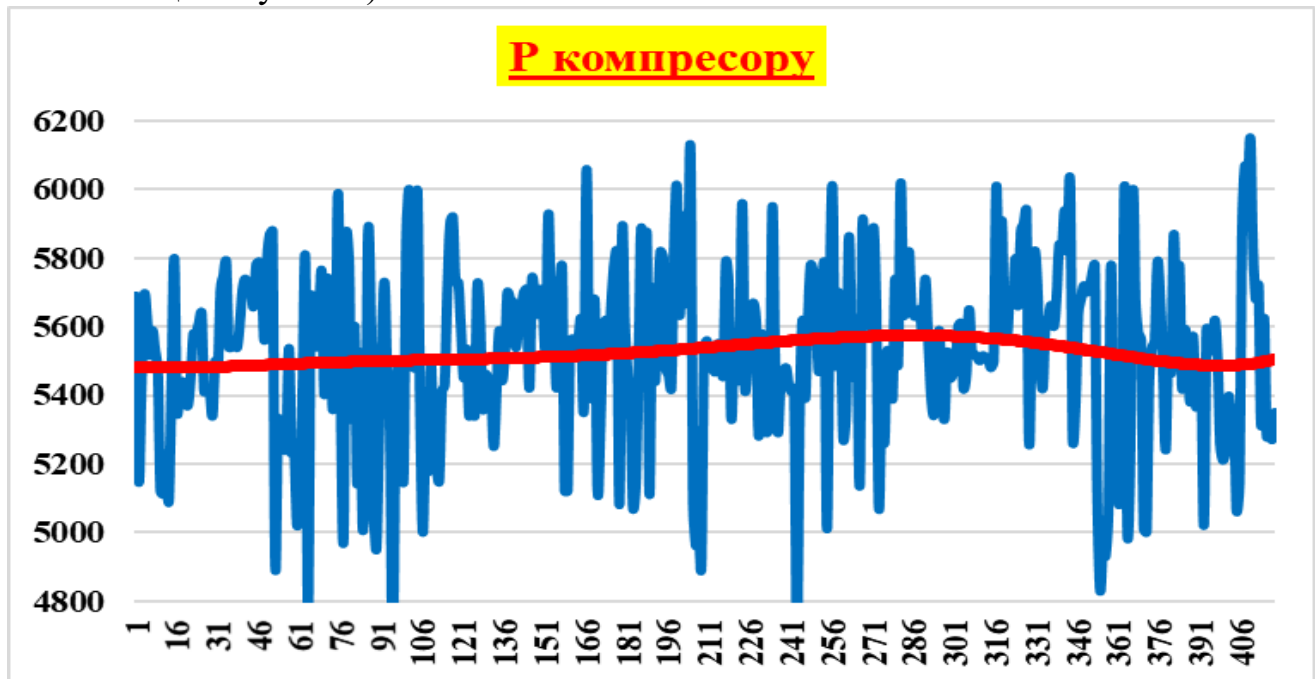


Рис. 9. Динаміка змін тиску оливо-повітряної суміші на видачі у заводську мережу (головний показник роботи ОБ'ЄКТУ)

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 у **16 год. 20 хв. «08» листопаду 2019р.**

Прилад було демонтовано у **10.45 «21» листопаду 2019р.** представниками ТОВ «Гідрофлоу Україна».

6. Підсумки візуального огляду розкритого після випробувань пластинчастого теплообміннику

2 грудня 2019р., у присутності групи фахівців ПрАТ^{1*} «Запорізький абразивний комбінат» на чолі з Головою Правління підприємства 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.

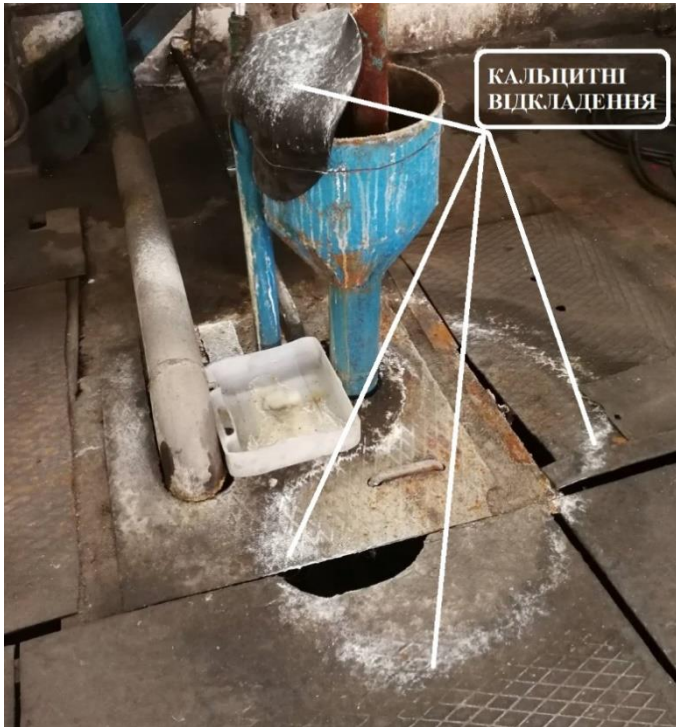


Рис. 10. Калцитні відкладення які виводяться з потоком води і залишають свій слід

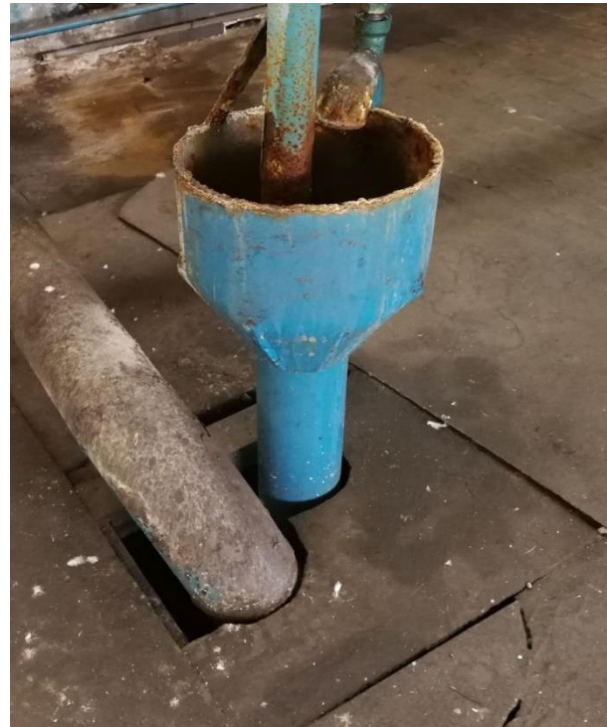


Рис. 11. Звичайний стан без застосування приладу гідрофлору



З ПРИЛАДОМ «HYDROFLOW»



Рис. 5. Вигляд пластини тепломіннику до випробувань (накипу на водяному боці пластини)



БЕЗ ПРИЛАДУ «HYDROFLOW»



Рис. 6. Вигляд пластини тепломіннику до випробувань (закоксована олива на зворотному боці цієї ж пластини рис. 5)

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.

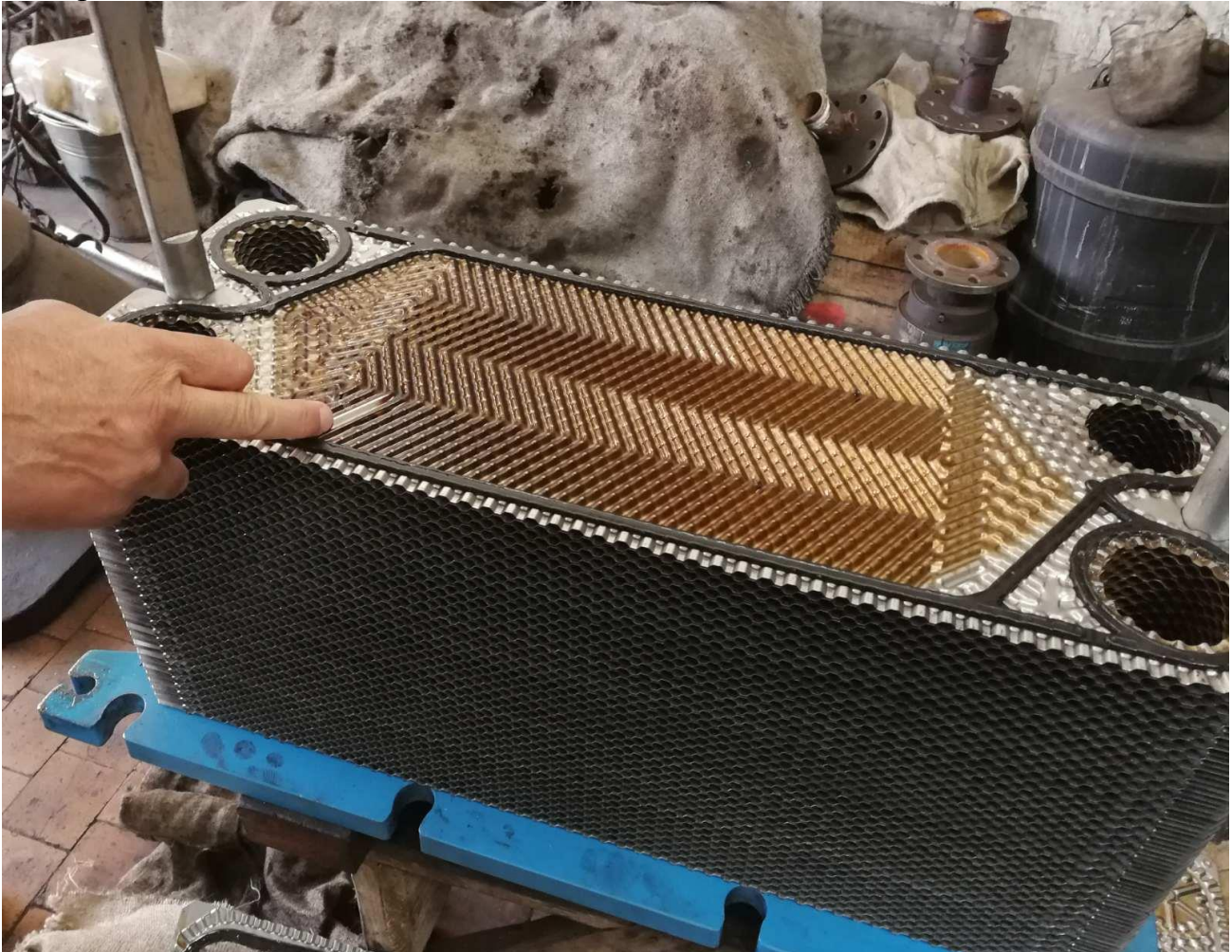


Рис. 12. Загальний вигляд демонтованої і розкритого теплообмінника (олив'яний бік пластини теплообмінника)

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^{3*} від формування на них шарів накипу, біовідкладень на закоксованій оливи.

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

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

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^{1*} «Запорізький абразивний комбінат»

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 тощо) на внутрішніх поверхнях обладнання та трубопроводів на прикладі практичного тестування приладу «Hydroflow industrial (test)» на технологічному обладнанні ПрАТ^{1*} «Запорізький абразивний комбінат».
- 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^{1*} «Запорізький абразивний комбінат».

Дані, наведені у звіті, переконливо доводять, що **головну мету випробувань було досягнуто у повному обсязі**, а виробничі випробування приладу електронної обробки води «Hydroflow industrial (test)» **наочно довели**:

1. **Високу ефективність** цього методу при видаленні наявних і запобіганні утворення нових карбонатних та біологічних відкладень у контурі водоохолодження, а також – закоксованих відкладень у контурі оберту оливи на виробничих об'єктах **підприємств** абразивної промисловості, зокрема - системі водоохолодження компресору.

2. **Можливість** створення умови **досягнення 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 умовної розрахункової товщини шару накипу (УРТШН), що дозволяє коректно, у графічному вигляді відображати відповідні теплотехнічні процеси, що відбуваються у «ОБ'ЄКТИ» під впливом дії приладу «Hydroflow Industrial (test)», додатково доводячи його працездатність та ефективність;

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

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

Анотація – В промислових умовах апробовано прилад «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику №1 (ПТО №1) паросилового цеху №18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат», який в широкому діапазоні температурного перепаду мастила і води довів надійність, ефективність та тривалість процесу захисту та боротьби із накипом і біообростанням на робочих металевих поверхнях трубопроводів, основного і допоміжного обладнання.

Оброблення води у теплообмінних апаратах базується на застосуванні підібраного і встановленого на відповідному діаметрі приладу імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води, що неінтрузивно (ззовні, без порушення суцільності труби або виробу) монтується на трубу безпосередньо перед входом охолоджуючої води у випробувальний об'єкт та підключається до електричної мережі змінного струму напругою 220В.

Ключові слова – прилад електронної обробки води, системи оборотного водопостачання, **неінтрузивна** обробка води, **пластинчастий теплообмінний апарат**, накип та біообростання на внутрішніх робочих поверхнях обладнання, система водоохолоджуючих елементів (пластин), щільний термобар'єрний шар.

Скорочення та позначення

ПрАТ ^{1*}	приватне акціонерне товариство
ТОВ ^{2*}	товариство з обмеженою відповідальністю
ПТО ^{3*}	пластинчастий теплообмінник
ВХР ^{4*} .	водно-хімічний режим
ПВЕОВ ^{3**}	прилад імпульсної високочастотної електромагнітної обробки води
УРТШН ^{4***}	умовно розрахункова товщина шару накипу
LMTD ^{5****}	показник середньологарифму температурного напору
ККД ^{7*****}	коефіцієнт корисної дії

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 «Щодо виконання Програми виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику №1 (ПТО №1) паросилового цеху №18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат» / О.В. Бережецький, В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан // ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ», Запоріжжя. 2021. - 19 с.**

2. ЗАСТЕРЕЖЕННЯ:

Даний є приватною інтелектуальною власністю осіб-розробників та використовується ними вільно на власний розсуд;

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

- на Звіт «Щодо виконання Програми виробничих випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» на пластинчастому теплообміннику №1 (ПТО №1) паросилового цеху №18 центральної компресорної станції ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат»;

- 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;
- **Таврійський державний агротехнологічний університет**
імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь) - office@tsatu.edu.ua;
- **Товариство з обмеженою відповідальністю**
«САВ КОМПЛЕКТ» (м. Запоріжжя); bav@gas.zp.ua

*Адреса для спілкування: доцент Мовчан С. І., доцент, к. т. н.
завідувач кафедри геоecології і землеустрою.*
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного (м. Мелітополь)
пр. Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька область, 72310
(e - mail: 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
Товариство з обмеженою відповідальністю
«САВ КОМПЛЕКТ» (м. Запоріжжя)
Україна, 69091, м. Запоріжжя, вул. Немировича-Данченка, 58, кв. 25
E-mail: 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

Мовчан С.І., кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри геоecології 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