

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»:**

Директор

ТОВ «Гідрофлоу Україна»



В.М. Ваврикович

«10» 08 2020 р.

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»:**

Перший заступник

Голови Правління

ПрАТ «Полтавський ГЗК»



В.С. Іванов

«09» 09 2020 р.

**«ПОГОДЖЕНО»:**

Ректор ТДАТУ ім. Д.Моторного



В.М.Кюрчев

«09» 08 2020 р.

**«ВИКОНАНО»:**

Генеральний директор

ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ»



С.О.Бережецький

«08» серпня 2020 р.

## З В І Т

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

ПрАТ «Полтавський ГЗК»

за адресою: м.Горишні Плавні Полтавської обл.

вул. Будівельників,16

## АРКУШ ПОГОДЖЕННЯ

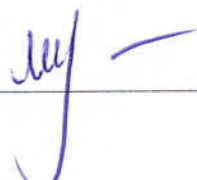
Заступник директора  
з виробництва по  
переробному комплексу  
ПрАТ Полтавський ГЗК



---

С.Р. Канарський

Заступник  
Головного енергетика  
ПрАТ Полтавський ГЗК



---

І.Л. Манько

## **З В І Т**

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 // Розробники *О.А. Андріанов, О.В. Бережецький, В.М.Ваврикович, С.І. Мовчан*. ТОВ «САВ Комплект», Горишні Плавні-Запоріжжя, 2020. 16 с.

### **Пріоритетність даного звіту за ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ»**

#### **Застереження:**

▪ 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 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**»,

- на наукові праці відповідно до бібліографічного переліку,
- на осіб-розробників.

© ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ», 2020 р.

© Андріанов О.А., Бережецький О.В., Ваврикович В.М., Мовчан С.І. 2020 р.

## 1. Введення

Приватне акціонерне товариство «Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат» (надалі Полтавський ГЗК) – потужне підприємство гірничодобувної промисловості України, найбільший український експортер залізорудних окатків до Європи. Підприємство має повний технологічний цикл – від видобутку сирової руди до виробництва залізорудних окатків. Переробка руди, виробництво концентрату й окатків здійснюються на переробному комплексі, що включає дробарну та збагачувальну фабрики, а також цех виробництва окатків. Чітку та ефективну роботу основного, переробного комплексу забезпечують численні допоміжні та сервісні цехи та служби.

Розташоване у середній течії р. Дніпро, підприємство має амбітні плани розвитку на майбутнє, є одним з найбільших в Україні за рівнем витрат електроенергії, природного газу та води на виробничі потреби, а тому питання зменшення їх споживання, як і турбота про зменшення виробничих викидів та захист навколишнього середовища є постійно у центрі уваги його керівництва.

Можливості технології електронної водопідготовки «HydroFLOW» добре відомі на підприємстві, оскільки вже використовуються на практиці у теплосиловому цеху та цеху шламового господарства. Проведення договірної роботи з технічного аудиту на предмет доцільності та можливості застосування приладів «HydroFLOW», що виконувалася з метою виявлення та додаткового підтвердження їх технічних можливостей у боротьбі зі старими накипом, карбонатними відкладеннями, біообростанням та запобіганні утворення нових є одним з етапів спільної роботи Полтавського ГЗК та Українського національного комітету міжнародної торгової палати (ICC UKRAINE) над впровадженням на підприємстві програмного підходу щодо питань енергоефективності та захисту екології.

Даний Звіт з виконаної роботи є **першою у світовій практиці спробою комплексної оцінки можливостей програмного застосування передової технології електронної водопідготовки «HydroFLOW»** з метою підвищення енергоефективності та зменшення екологічного навантаження на навколишнє середовище в рамках потужного містоутворюючого підприємства гірничодобувної промисловості. Звіт може бути цікавим для широкого кола керівників підприємств гірничо-добувної та металургійної промисловості, енергетики, машинобудування, харчової та переробної промисловості, викладачів та студентів вузів, керівників відповідних міністерств та відомств, органів місцевої влади та самоврядування.

Колектив авторів дякує Голові Правління ПрАТ «Полтавський ГЗК» В.В.Лотоусу, Першому заступнику Голови Правління ПрАТ «Полтавський ГЗК» В.С. Іванову, заступнику директора з виробництва по переробному комплексу ПрАТ «Полтавський ГЗК» С.Р. Канарському, заступнику головного енергетика

ПрАТ «Полтавський ГЗК» І.Л. Маньку та начальникам ТСЦ, ЦШГ, ЛМЦ, ДЗФ, ЦВО за велику організаційну підтримку у виконанні даної роботи.

## ***2. Актуальність та перспективність проблематики***

Загальну актуальність та перспективність вибраної теми договірної роботи з технічного аудиту пов'язано, перш за все, з наступними головними чинниками:

- Глобальним екологічним світовим трендом на посилення боротьби за зменшення навантаження на зовнішнє середовище з боку промислових підприємств;

- Подорожчанням енергоносіїв, плати за використання природних ресурсів та викиди шкідливих речовин;

- Глобальними кліматичними змінами, що призводять до суттєвих змін характеру формування річного стоку та внутрірічного розподілу водного стоку рік на території України.

Це, зокрема, проявляється в зменшенні обсягу поверхневого водного стоку під час весняних повеней (що пов'язано зі зменшенням снігозапасів на водозборах в зимовий період внаслідок частих відлиг) і зростанням ролі підземного живлення водою в цей час. Як відомо, підземні води мають більшу мінералізацію, що і позначається на збільшенні мінералізації і змісту основних іонів в річкових водах [1].

У результаті багаторічних (з 1946 р.) досліджень лівобережних притоків басейну Дніпра в межах лісостепової зони (річки Сула, Псьол, Ворскла), а також басейнів Південного Бугу та Західного Бугу, встановлено, що протягом всього періоду для досліджуваних річок спостерігалось стійке зростання мінералізації води, при цьому середньорічна величина мінералізації води вказаних річок збільшилася в два рази [2].

Прогнози змін кліматичних, екологічних та антропогенних чинників вказують на подальше підвищення показників мінералізації і відповідних змін у біологічному складі річок басейну діяльності Полтавського ГЗК підтверджують наростаючу подальшу актуальність боротьби з карбонатним відкладеннями та біообростанням на внутрішніх поверхнях трубопроводів та технологічного обладнання підприємства-Замовника.

- Необхідністю щоденної дороговартісної боротьби з накипом, корозією та біообростанням технологічного обладнання з метою підтримування його працездатності, зменшення витрат на його заміну або ремонт, що є суттєвою складовою у зменшенні собівартості виробництва та підвищення конкурентності продукції підприємства на світових ринках;

- Необхідністю боротьби з такими нібито другорядними та поки що несправедливо непоміченими проблемами, як сульфатредуючі бактерії та легіонела.

### 3. Опис впливу технології «HydroFLOW» на вирішення поставлених задач



Мал.1. Зовнішній вигляд встановленого на трубопроводі приладу «HydroFLOW»

Метод, технологія та обладнання електронної водопідготовки «HYDROFLOW» було винайдено та розроблено талановитим інженером-винахідником Даніелем Стефаніні (Daniel Stefanini). Їх викладено та захищено понад сотнею міжнародних патентів США, Великобританії, Японії та інших розвинутих країнах (наприклад, USA Patent number: 5667677 від 16.09.1997 «Method and apparatus for treating fluid with radio frequency signals») [3].

Технологія електронної водопідготовки «HydroFLOW» базується на застосуванні певним чином підбраного, встановленого, контрольованого та обслугованого приладу імпульсної високочастотної (150 кГц) електромагнітної обробки води «HydroFLOW», що неінтрузивно (тобто ззовні, без розрізання труби та зупинки технологічних процесів) монтується на трубу подачі безпосередньо перед входом охолоджуючої води у трубопровід або обладнання, що захищається та підключається до електричної мережі змінного струму напругою 220В (Мал.1.).

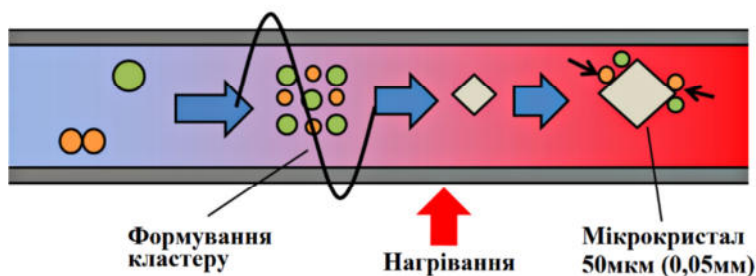
Під впливом спеціального імпульсного синусоїдального затухаючого сигналу «HYDROPATH», що генерується приладом «HydroFLOW» та розповсюджується за водним потоком в обидва боки (у прямому та зворотному напрямках) на відстань 700-1000 метрів від місця монтажу приладу (Мал.2.), іони кальцію та магнію формуються у неадгезивні кластери, які більш не матимуть фізичної можливості прикріплюватися до внутрішніх поверхонь труб і обладнання та



Мал.2. Форма сигналу «HYDROPATH»

формувати шар складних комбінованих відкладень на базі карбонатів, перешкоджаючи регламентному функціонуванню обладнання. У подальшому,

неадгезивні скупчення кластерів іонів кальцію та магнію, поступово, виносяться із загальним обсягом охолоджуючої води через напругу у водоймище з випадінням у осад (Мал.3.).



**Мал.3. Формування та виведення мікрокристалів під впливом сигналу «HydroPath»**

Одночасно, з цим же потоком, виносяться й рештки зруйнованих, під впливом високочастотного сигналу «HYDROPATH», що його генерує прилад «HydroFLOW»,

біологічних речовин (біоплівки, вірусів та бактерій), часток водоростей та мулу, дрібних

механічних вкраплень, які накопичувалися раніше всередині обладнання та трубопроводних мереж, маючи можливість закріплюватися на стінках у шорсткій структурі відкладень та створюючи щільний термоізолюючий шар, що суттєво зменшує вільний отвір труби, підвищуючи гідравлічний спротив, знижуючи коефіцієнт теплопередачі стінки, погіршуючи тепловідвід, ККД та ресурс обладнання в цілому.

#### **4. Можливості практичного застосування технології «HydroFLOW» на Полтавському ГЗК**

За 28 років з моменту винаходу технології «HydroFLOW», вона знайшла розповсюдження у 71 країні світу у гірничодобувній промисловості та металургії, енергетиці, машинобудуванні, харчовій та переробній промисловості, житлово-комунальному господарстві, фармацевтичній промисловості та сільському господарстві. Провідні компанії світу, такі як Lockheed Martin, NASA, Honda, British Gas, Lukoil, «Норникель», Зестафонський феросплавний завод, ПАТ«АрселорМіттал Кривий Ріг», ПрАТ «Мотор Січ», «Укроборонпром» та тисячі інших, з успіхом використовують прилади «HydroFLOW» різних марок.

Серед найбільш розповсюджених видів обладнання, на якому встановлюється «HydroFLOW» - доменні та електрометалургійні печі, всі види теплообмінників, конденсатори ТЕС, котельні, градирні, устаткування мокрого пилогазоочищення, опріснювальні установки, потужні насосні станції, турбінне обладнання, бурове обладнання, обладнання зворотного осмосу та інше.

Працює на трубопроводах діаметром від 25мм до 3000мм як на технічній воді, так і на воді підземних свердловин, морській воді тощо.

В ПрАТ «Полтавський ГЗК» прилади «HydroFLOW» поступово, після проведених виробничих випробувань, впроваджується майже два роки – на котельному обладнанні теплосилового цеху та на теплообмінному обладнанні насосів цеху шламового господарства.

Згідно Договору №596 від 10 березня 2020р. було проведено обстеження технологічного обладнання у цеху виробництва окатків (ЦВО), дробарно-збагачувальній фабриці (ДЗФ), цеху шламового господарства (ЦШГ), ливарно-

механічному цеху (ЛМЦ), теплосиловому цеху (ТСЦ), а також, додатково, на градирнях ЕВАРСО, які експлуатуються ТОВ ВКО «Кисень».

Зведений перелік поцехових актів огляду обстеженого обладнання, марки рекомендованих приладів наведено у Таблиці №1

**Табл.1. Зведений перелік обстежених об'єктів та пропозицій приладів «HydroFLOW» для їх захисту**

№ п/п	Цех	Об'єкт	Марка «Hydroflow»	Кількість	№ акту огляду
1.	ТСЦ	КОТЕЛ ПТВМ-100	Hydroflow CUSTOM 28 або Hydroflow CUSTOM 12	1 2	2
		ТОВ ВКО «КИСЕНЬ» ГРАДИРНЯ ЕВАРСО	HYDROFLOW P-150	2	3
2.	ЦВО	МОКРЕ ГОЗООЧИЩЕННЯ	Hydroflow CUSTOM 16" + Hydroflow CUSTOM 14"	2 2	4
		ГРУПА ВАКУУМНИХ НАСОСІВ	Hydroflow CUSTOM 14"	2	5
		НОВА ГРАДИРНЯ DALGAKIRAN	Hydroflow CUSTOM 14"	2	6
3.	ДЗФ	МАСЛООХОЛОДЖУВАЧ МО	Hydroflow AQUAKLEAR P(C)150	6	7
		КУЛЕР SA	Hydroflow AQUAKLEAR P(C)45	4	
4.	ЦШГ	МАСЛОСТАНЦІЯ ЦС-70	Hydroflow C-60	4	1
5	ЛМЦ	ЕЛЕКТРОПІЧ ДС-6Н1	Hydroflow I-100	1	8
		ЕЛЕКТРОПІЧ ДСП-1,5	Hydroflow I-100	1	
		ГРУПА З 3-Х ЕЛЕКТРИЧНИХ БОЙЛЕРІВ	Hydroflow C-60	1	

Ефективність впливу приладів «HydroFLOW» на більшість обстежених об'єктів та обладнання є давно та добре вивченою і доведеною.

Наприклад, робота обладнання «HydroFLOW» на маслообміннику опорного підшипнику ГЕС Fontes Nova у Бразилії, у результаті якої задокументовано зменшення гідродинамічного спротиву біообростання у 2,6 рази та індексу забруднення у 3,7 рази [А].

Позитивні результати було зафіксовано при роботі приладів «HydroFLOW» на установках зворотного осмосу при знесоленні води зі свердловин у Мексиці [Б].

Великий обсяг матеріалу з експлуатації та ремонтів котельного обладнання, призводить до висновків щодо практичної безальтернативності використання приладів «HydroFLOW» на котлах у якості захисного обладнання.

Так, окрім сплати досить суттєвої газової складової витрат, після закінчення опалювального сезону, доводиться виконувати досить трудомістке і дороге очищення котлів та теплообмінної апаратури від нашарувань накипу.

Найбільш поширений зараз кислотний метод очищення, при якому відбувається розчинення накипу кислотою безпосередньо в котлі. Але, як правило,



від керівників підприємств-власників котельного обладнання неможливо дістатися відвертої відповіді на запитання – куди, завдаючи непоправної шкоди навколишньому середовищу, зливаються з котла, після очищення, сотні літрів відпрацьованого розчину, що містить кислоту. До того ж, використання кислотних методів завжди несе в собі суттєві ризики непоправного пошкодження котельного обладнання та виробничого травматизму серед персоналу.

Механічний метод очищення, при якому накип висвердлюється з труб за допомогою спеціальних пристосувань, можна застосовувати лише для деяких типів котлів, крім того, повністю очистити котел таким способом не вдається. При цьому, в період між очищеннями, накип утворюється знову, що знов призводить до невикористаних витрат палива та збільшення експлуатаційних витрат.

Низька теплопередача накипу призводить до сильного перегріву металу поверхонь нагрівання, через що на трубах з'являються тріщини, здуття і деформації. Це нерідко стає причиною аварійних ситуацій, скорочення міжремонтних термінів і збільшення витрат на ремонт і обслуговування.

Накип суттєво зменшує перетини труб, збільшуючи їх гідравлічний спротив, що тягне за собою додаткові втрати електроенергії в насосному обладнанні на перекачування води та зменшення залишкового механічного ресурсу насосних агрегатів.

Перегрів металу, несвоєчасне і неякісне очищення неминуче призводять до скорочення терміну служби котлів у 2-3 рази, невиправданих витрат на придбання і монтаж нових котлів замість тих, що вийшли з ладу[Д].

За наслідками дослідно-виробничих випробувань приладу «HydroFLOW» на паровому котлі ДКВР 20/13 № 5 ПрАТ «Полтавський ГЗК» взимку 2019р., за допомогою ендоскопічної камери OBPOWER, було зафіксовано зменшення товщини накипу на 2мм, що бело відображено у відповідному Акті, затвердженому Замовником, що, як наслідок, призвело до зростання ККД парового котлу ДКВР 20/13.

Ці дані збігаються з матеріалами, викладеними у роботі [Д] (Табл.2.). У результаті нескладних розрахунків, стає очевидним, що реальна окупність обладнання «HydroFLOW», встановленого на котельному обладнанні, тільки за рахунок газової складової є досить низькою – декілька місяців, тобто не більше 1-го опалювального сезону. І це – тільки газова складова, не враховуючи економію від зменшення кількості заходів з очищення котлів, їх ремонту, заміни, вартості водопідготовки.

**Табл.2. Перевитрати газу для різних типів котлів в залежності від товщини шару накипу [Д]**

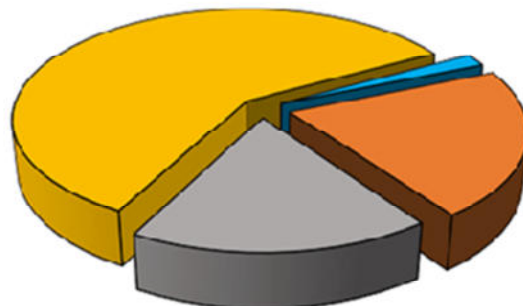
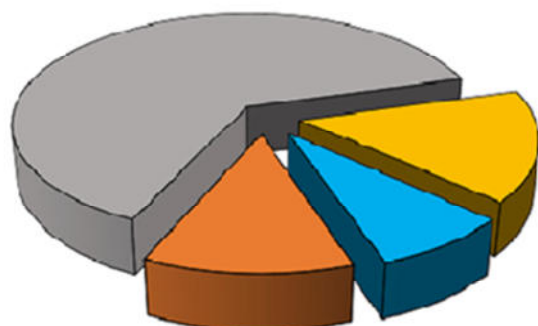
**Залежність добових перевитрат газу від товщини накипу для деяких типів котлів**









Марка котлу	Продуктивність, Гкал/год	Товщина шару накипу	
		$\delta=0,5$ мм	$\delta=4,0$ мм
		перевитрати газу, м <sup>3</sup>	перевитрати газу, м <sup>3</sup>
Е 1/9	0,6	30,00	132,00
ВК-22	2,2	109,00	483,00
КВЗГМ-4	4,0	199,00	575,00
КВГ-6,5; ДКВР-10/13	6,5	324,00	1429,00

Під час виробничих випробувань приладів «HydroFLOW» на теплообмінному обладнанні Запорізької АЕС у 2020р., за 3 місяці, було зафіксовано повне знищення біологічних відкладень, суттєве зменшення товщини та міцності залишкових карбонатних відкладень на внутрішніх поверхнях труб та елементів теплообмінника. Зафіксоване лабораторією ЗАЕС зменшення вмісту карбонатів у складі відкладень склало 3,65 рази (Мал.4.) [В].

**СКЛАД ВІДКЛАДЕНЬ У ПЕРЕРАХУНКУ НА СУХУ РЕЧОВИНУ, ОБ'ЄКТ"0", СТАРТ, %**

**СКЛАД ВІДКЛАДЕНЬ У ПЕРЕРАХУНКУ НА СУХУ РЕЧОВИНУ, ОБ'ЄКТ"0", ФІНІШ, %**



	<b>Солі жорсткості (старт-63,93%, фініш-17,5%);</b>		<b>3,65 рази</b>
	<b>Іржа (старт-12,04%, фініш-21,27%);</b>		<b>1,77 рази</b>
	<b>Пісок (старт-15,98%, фініш-59,43%);</b>		<b>3,72 рази</b>
	<b>Інше (старт-8,04%, фініш-1,8%);</b>		<b>4,47 рази</b>

**Мал.4. Зміна структури та хімічного складу відкладень з труби підводу техводи перед дослідним теплообмінником ЗАЕС[В].**

Додатковим, дуже цікавим для об'єктів, на яких відбуваються процеси охолодження оливи (турбінне, теплообмінне, насосне, компресорне та інше

обладнання), є, зафіксований авторами при виконанні робіт на маслоохолоджувачах ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат», ефект знищення масляного нагару у масляному контурі, а також на поверхнях трубок та пластин маслоохолоджувача. Детальне пояснення цього важливого ефекту надано у роботі [Г].

**У широкому переліку об'єктів, потенційно можливих для очищення за допомогою технології «HydroFLOW», особливу увагу звертає на себе проблематика захисту поверхонь трубопроводів та обладнання мокрого газоочищення (МГО) ЦВО.**

На підприємствах металургійної галузі найбільша кількість води використовується в якості охолоджувача сталеплавильних печей і конверторів, а також систем мокрого очищення газів. Стічні води, які утворюються при цьому, забруднені твердими зваженими частинками і мають розчинені хімічні речовини, наприклад, солі жорсткості. Обсяг стічних вод, що скидаються підприємствами чорної та кольорової металургії України, сягає 500 млн. м<sup>3</sup>/рік.

Кількість стічних вод і шламів мокрого очищення газів становить до 10 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>3</sup> газу, що відповідає приблизно 4-5 м<sup>3</sup> на 1 т сталі, що виплавляється.

Використання стічних вод в системі водообігового циклу підприємств, через високий вміст хімічних сполук в концентраціях, неприпустимих по існуючим нормам для зворотних вод, потребує їх очищення. З метою повторного використання шламів на газоочищенні їх необхідно освітлювати до залишкового вмісту зважених речовин в межах 150-200 мг/дм<sup>3</sup>[Е].

Скидання забруднених стічних вод в зовнішні шламонакопичувачі металургійних підприємств призводить до вторинного забруднення ґрунтів і ґрунтових вод важкими металами, відчуження і засолення земель, техногенної трансформації природного ландшафту [Ж]. Навколо металургійних підприємств вже накопичено мільйони тон залізовмісних шламів і їх переробка ускладнюється труднощами згущення до необхідної вологості для подальшої утилізації [З].

**Традиційно, захист трубопроводів та обладнання мокрого газоочищення ЦВО є одним з найскладніших та найдорожчих, тому, додатково до матеріалів, викладених у Акті огляду № 4, є необхідність зупинитися на цьому об'єкті детальніше.**

Загалом, інтенсивність утворення відкладень на обладнанні та трубопроводах МГО залежить від температури та хімічного складу газів, що очищуються, вмісту у них зважених часток, їх розміру та хімічного складу. Чималий вплив на швидкість утворення відкладень також залежить від температури та хімічного складу рециркуляційної води, що подається на труби розпилу – а потім на апарати Вентурі.

Особливість застосування технології «HydroFLOW» у системах МГО у металургійній промисловості та гірничо-добувному комплексі обумовлено великою протяжністю (300-2000м) та конструкційною складністю комунікацій цих систем, високою агресивністю газів та пилу, а також - швидкості наростання відкладень та наявності високих температур у зоні обпалення.

Температура газів, що підводяться до труб Вентурі по МГО ЦВО ПрАТ “Полтавський ГЗК”, згідно режимної карти, складає **80-100<sup>0</sup>С**, фактично – у стабільному режимі - **90-95<sup>0</sup>С**, але, під час аварійних зупинок, може сягати до **180<sup>0</sup>С**. Але, навіть у цих екстремальних умовах, **це значно, в рази менше, ніж на давно та добре захищених за участю приладів «HydroFLOW» об’єктах МГО**, наприклад – на МГО цементного виробництва **Cement Factory, Shahrud, Iran**, (<https://hydropath.com/cement-factory-shahrud-iran/>), де температура сягає 350<sup>0</sup>С, або у феросплавному виробництві, де температура газів сягає **400<sup>0</sup>С-700<sup>0</sup>С**. Це додає впевненості у дієвості застосування приладів «HydroFLOW» на системі МГО ЦВО ПрАТ “Полтавський ГЗК”.

Аналіз води, що циркулює у системі МГО, отриманий від Полтавського ГЗК (Табл.3.), свідчить про дуже високу складність поставленого завдання її захисту від обростання сульфатно-карбонатними відкладеннями.

**Табл.3. Хімічний склад води мокрого газоочищення (МГО) ЦВО**

**ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВОДИ ЦВО ОБПАЛЕННЯ №2**

Місце відбору	Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	Перманганатна окислюваність, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Жесткість, моль/дм <sup>3</sup>	Амоній – іон, мг/дм <sup>3</sup>	Кальцій, мг/дм <sup>3</sup>	Магній, мг/дм <sup>3</sup>	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>	Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	Запізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>
Забор с бака рециркуляції	4710	2466	19,97	49,81	0,54	782,59	134,5	1244,99	2532,97	0,480	7,05	12,48
Поступление в бак рециркуляції	4770	1859	17,59	50,43	0,73	784,57	142,25	1224,63	2675,05	0,52	7,09	10,35
Ближний гидрозатвор	4110	687	20,76	54,99	0,58	704,91	247,63	1284,01	2809,75	0,53	9,32	6,41
Дальний гидрозатвор	4253	1252	24,72	55,66	0,68	702,48	257,58	1295,88	2881,07	0,54	8,42	9,25

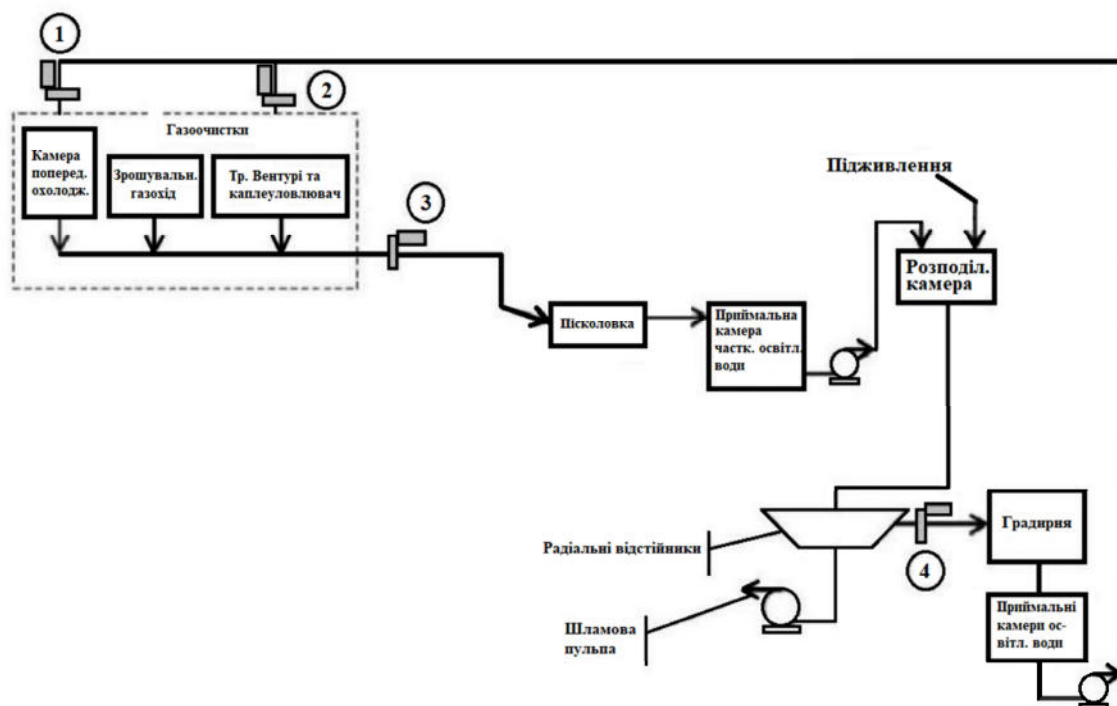
Аналіз наданих даних підтверджує високу (у 2-4 рази вищу) по відношенню до традиційних випадків, забрудненість води, тому, у класичних випадках, рекомендується більш складна, менше, ніж зазвичай та дорожча схема встановлення обладнання «HydroFLOW», яка передбачає встановлення максимально потужних приладів у наступних місцях (Мал.5.):

- Перед камерою попереднього охолодження;
- Перед трубою Вентурі;
- Після труб Вентурі перед пісколовками;
- На труби між радіальними відстійниками та градирнями.

Додатковий монтаж обладнання «HydroFLOW» між радіальним відстійником та градирнями дозволяє досягти кращої якості очищення води від карбонатів та зважених часток за рахунок поліпшення флокуляції та процесів осадження, зменшення кількості продувок і відповідного зниження витрат електроенергії та підживлюючої води, зменшенню заростання форсунок як сульфатно-карбонатними так і біологічними відкладеннями.

Але, враховуючи чималу вартість обладнання «HydroFLOW» великого калібру, та виходячи з оптимальних, на початковому етапі, витрат, Розробник рекомендує, на першому етапі, обмежитися встановленням послідовно двох приладів на кожній з ниток, що відходять з подаючих насосів системи МГО,

з подальшим встановленням обладнання «HydroFLOW» по класичній схемі (розвиток вглиб) та подальшим тиражуванням схеми на всі чотири машини МГО (розвиток вшир). Детальну пропозицію з цього питання викладено у АКТі № 4.



Мал.5. Класична схема монтажу приладів «HydroFLOW» на контурі МГО

## 5. Висновки

У ході виконання Договору № 596 від 10.03.2020р. Про технічний аудит виконано, у повному обсязі, передбачені Технічним завданням до договору роботи з обстеження об'єктів на предмет доцільності та можливості застосування приладів «HydroFLOW».

По всіх об'єктах досліджень **підтверджено технічну можливість та доцільність застосування певним чином підбраного та встановленого за запропонованою схемою** обладнання електронної водопідготовки «HydroFLOW» з метою захисту на майбутнє та поступового очищення вже наявних внутрішніх поверхонь трубопроводів та елементів обладнання ПрАТ «Полтавський ГЗК» від карбонатних та біологічних відкладень.

**На думку Виконавця, найбільш ефективним, на першому етапі, є впровадження обладнання «HydroFLOW» на наступних об'єктах:**

- на одній з машин мокрого газоочищення ЦВО з перспективою подальшого поступового розвитку даного напрямку у глиб та вшир;
- захист, бажано з початку опалювального сезону, котлу ПТВМ-100 ТСЦ;
- однієї градирні EVARCO з тих, що експлуатується ТОВ ВКО «Кисень»;
- групи з 3-х бойлерів ЛМЦ.

Отримані у ході обстежень дані дозволяють систематизувати та запланувати впровадження обладнання «HydroFLOW» на підприємстві, оцінити першочерговість їх закупівлі та спрогнозувати економічну ефективність заходів від впровадження.

## 6. Література

1. Гребень В. В., Хильчевский В.К. Современный водный режим рек Украины // Материалы VII Всероссийского гидрологического съезда. – г. Санкт-Петербург, 19-23.11.2013 г. (опт. диск CD-ROM, секция 4, тема 4.4, доклад № 47).

2. Хильчевский В. К., Курило С. М. Трансформация химического состава речных вод Украины в условиях изменения климата, Тема: ЭБ БГУ::ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ::География. Дата публикации: 2015. Издатель: БГУ. Библиографическое описание источника: Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научн. конф., 5 – 8 мая 2015 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: П.С. Лопух (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – 337 с. URI документа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/118468>

3. Method and apparatus for treating fluid with radio frequency signals. Patent number: 5667677. Abstract: A method and apparatus for treating a fluid such as water in a conduit, for the purpose of inhibiting scale formation of corrosion, wherein a succession or radio frequency signals are used to create an electromagnetic field having generally circular flux lines in coaxial relation with the conduit, the field being propagated along the axis of the conduit. The field is created by a core mounted in a housing that embraces the conduit. Type: Grant. Filed: May 3, 1996. Date of Patent: September 16, 1997. Inventor: Daniel Stefanini. Ссылка: <https://patents.justia.com/search?usclass=58090&q=DANIEL+STEFANINI>

A. M.N. Frota; E.M. Ticona; A.V. Neves; R.P. Marques; S.L. Braga and Valente G. title: On-line cleaning technique for mitigation of biofouling in heat exchangers: a case study of a hydroelectric power plant in Brazil. Journal title: Experimental Thermal and Fluid Science (2014) Vol. Vol. 53C, pp. 197-206 Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2013.12>.

B. Oren Y., Korngold E., Daltrophe N., Messalem R., Volkman Y., Aronov L., Weismann M., Bouriakov N., Glueckstern P., Gilron J. (2010) Pilot Studies on High Recovery BWRO-EDR for Near Zero Liquid Discharge Approach. Desalination, 261 (3), 321-330. DOI:10.1016/j.desal.2010.06.010.

В. Робочий звіт щодо підсумків виробничих випробувань тестових приладів електронної водопідготовки «Hydroflow Industrial (test)» на теплообмінниках охолодження дистилляту 0TR50W02 (ОБ'ЄКТ "0") та 0TR70W02 (ОБ'ЄКТ "+") СК-

1 ХЦ ВП «Запорізька АЕС» ДП «НАЕК «ЕНЕРГОАТОМ» // Розробники О.А. Андріанов, О.В. Бережецький, В.М.Ваврикович, С.І. Мовчан. ТОВ «САВ Комплект», Енергодар-Запоріжжя, 2020. 45с.

Г. Повышение эффективности работы теплообменников компрессорного и технологического оборудования / Корнеев С.В. [и др.] // Вестник СибАДИ. - 2012. - № 3 (25). -С. 18-21

Д. УДК.621.182.44 В.П. Гирич, О.В. Ферликовская, ГП «ГПИ «Кривбаспроект»/Повышение эффективности работы теплообменного оборудования путем электростабилизационной обработки воды, Вісник Криворізького національного університету, вип. 37, 2014, с.84-90

Е. DOI: 10.15587/2312-8372.2017.112791 Исследование эффективности очистки мелкодисперсного шлама водооборотного цикла металлургического предприятия Шкоп А. А., Брянкин А. С., Шестопапов А. В., Пономарева Н. Г. TECHNOLOGY AUDIT AND PRODUCTION RESERVES. Издательство: Технологический центр (Харьков). ISSN: 2226-3780 eISSN: 2312-8372. научная статья Язык: английский. Том: 5 Номер: 3 (37) Год: 2017. Страницы: 22-29. УДК: 66.067.55

Ж. Radovic, N. Cleaner metallurgical industry in Serbia: A road to the sustainable development [Text] / N. Radovic, Z. Kamberovic, D. Panias // Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly. – 2009. – Vol. 15, No. 1. – P. 1–4. doi:10.2298/ciceq0901001r

3. Kovalenko, A. About gas purification sludges of domain and steel-smelting manufactures [Text] / A. Kovalenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2012. – Vol. 2, No. 12 (56). – P. 4–8. – Available at: \www/URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3919/3587>

4. Патент на корисну модель № 141719 Україна, МПК7 (2020.01) B03 C1/00. B03 C1/035 (2006.01). B08 B7/02 (2006.01). F28 G7/00/ Пристрій для захисту та очищення внутрішніх поверхонь теплообмінного устаткування / В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В. Бережецький, О.А. Андріанов. – Заявка № 2019 09615; заявл. 03.09.2019, опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8.

5. Імпульсна високочастотна електромагнітна підготовка води в системі оборотного тепловодопостачання компресорної станції / В. М. Кюрчев, С. І. Мовчан, О. В. Бережецький, О. А. Андріанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки 6 наук. фах видання / ТДАТУ ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев.- Мелітополь, 2019. - Вип. 20, т. 2. – С. 3-14.


6. Кюрчев В.М. Забезпечення екологічної безпеки водних об'єктів електронною підготовкою води в системах оборотного тепловодопостачання / В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В. Бережецький, О.А. Андріанов // Науковий вісник


Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. Вип. 10, том 1. URL: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik>. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1

7. Кюрчев В.М. Імпульсна високочастотна електромагнітна підготовка води в системі оборотного тепловодопостачання компресорної станції / В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан, О.В. Бережецький, О.А. Андріанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : фахове видання / ТДАТУ ; гол. ред. д.т.н. В.М. Кюрчев. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – Вип. 20, т.2. - С. 3-14.

**ПІДПИСИ:**

**Розроблено:**

Представник ТОВ «Гідрофлоу Україна»:  к.т.н. Андріанов О.А.

Представник ТОВ «САВ КОМПЛЕКТ»:  к.т.н. Бережецький О.В.

Представник ТДАТУ ім.Д.Моторного:  к.т.н. Мовчан С.І.