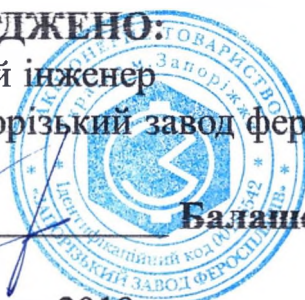


**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
Головний інженер  
АТ «Запорізький завод феросплавів»

  
Балашов С.М.  
«15» квітня 2019р.



**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
Генеральний директор  
ТОВ «Гідрофлоу Україна»

  
В.М.Ваврикович  
«15» квітня 2019р.





### ЗВІТ

щодо виконання Програми дослідно-промислових випробувань електромагнітної обробки води приладом «**Hydroflow Industrial (test)**» внутрішній полуфазі електроду №2 печі № 32 цеху № 4 АТ «Запорізький завод феросплавів» від грудня 2018р.

**Виконано:**

  
к.т.н. **О.А.Андріанов**

  
к.т.н. **О.В.Бережецький**

  
інж. **О.С.Толстов**

м. Запоріжжя  
Квітень 2019р.

### Мета випробувань:

**МЕТОЮ ВИПРОБУВАНЬ** приладу «**Hydroflow Industrial (test)**» є доведення на практиці, в умовах реального виробництва, ефективності його роботи шляхом демонстрації, за погоджений період часу, суттєвого зменшення товщини шару відкладень на внутрішніх стінках досліджуваних водоохолоджуваних елементів феросплавної печі з відповідним покращенням процесу тепловідведення з цих елементів та підсумковою можливістю збільшення регламентних періодів ППР, що, у свою чергу, дозволить поліпшити економічні та технологічні показники ремонтів та експлуатації феросплавних печей.

### Об'єкт випробувань:

Згідно із затвердженою Головою Правління АТ «Запорізький завод феросплавів» «Програмою проведення пілотних випробувань приладу електромагнітної обробки води «**Hydroflow Industrial (test)**» тестування відбувалося на внутрішній полуфазі електроду №2 печі № 32 цеху № 4 АТ «Запорізький завод феросплавів».

### Термін випробувань:

Згідно із п.2 Програми, тестове обладнання «**Hydroflow Industrial (test)**» було встановлено на трубопровід діаметром 100 мм внутрішньої полуфазі електроду №2 печі № 32 цеху №4 «26» грудня 2018р., тобто після 31 доби експлуатації печі №32 в звичайному режимі (із «25» листопада 2018р. по «26» грудня 2018р.), на діючому обладнанні, без зупинки роботи печі.

Загальний термін роботи обладнання «**Hydroflow Industrial (test)**», після декількох продовжень, пов'язаних із переносами термінів виводу печі №32 у ППР, сумарно склав 105 діб (з «26» грудня 2018р по «10» квітня 2019р.). Випробування було завершено у плановому режимі, разом з виводом печі у ремонт.

Загальний термін роботи печі №32 поміж ППР склав 136 діб (з «25» листопада 2018р. по «10» квітня 2019р.) із короткостроковими простоями, до однієї доби, на поточні ремонти та огляд елементів.

**Плановий міжремонтний період**, встановлений виробничим регламентом для печей такого класу, складає 120 діб.

Таким чином, регламентний період роботи печі № 32 перевищено на 16 діб.

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

Під час тестування велася «Відомість контролю за роботою обладнання «**Hydroflow Industrial (test)**» на печі №32 цеху №4 (додається).

Щоденно перевірявся робочий стан обладнання, періодично, з використанням осцилографу, фіксувалася форма сигналу Гідропас, що генерується тестованим приладом. Весь час іспитів обладнання знаходилося у робочому стані та видавало сигнал запланованого виду та потужності.

Під час експлуатації приладу «Hydroflow Industrial (test)» зауважень до його роботи не було, позапланових зупинок у роботі печі №32 з причини відмов приладу «Hydroflow Industrial (test)» не зафіксовано. З метою захисту приладу від ушкоджень, його було розміщено у спеціальному металевому боксі.

**Умови експлуатації системи охолодження печі № 32 цеху № 4**  
**АТ «Запорізький завод феросплавів».**

Згідно із виробничими планами та технологічними картами, обладнання працювало, більшість часу, у сталому режимі та виробляло сплав **ФМн-70**.

Процес виробництва цього сплаву, згідно із регламентом, є найбільш жорстким з точки зору температурних (а відповідно – водоохолоджуваних) параметрів.

Температура води на вході: **24-32°C**

Температура води на виході: **40-60°C**

Типовий тиск: **2,5-3,0 кгс/см<sup>2</sup>**

Витрати води на піч: **400 м<sup>3</sup>/год**

**Аналіз води:**

Другий оборотний цикл умовно-чистих вод		
рН	єд.рН	8,38
Прозорість	см	15
Жорсткість	ммоль/дм <sup>3</sup>	14,93
Лужність	ммоль/дм <sup>3</sup>	2,86
Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	123,4
Кальцій	ммоль/дм <sup>3</sup>	11,17
Магній	ммоль/дм <sup>3</sup>	4,34
Зважені в-ва	мг/дм <sup>3</sup>	24
Сухий залишок	мг/дм <sup>3</sup>	1358
Окислюваність	мг/дм <sup>3</sup>	30,37
Сульфати	мг/дм <sup>3</sup>	560
Марганець	мг/дм <sup>3</sup>	0,15
Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	0,25
Кремній	мг/дм <sup>3</sup>	11,25

**Стан водоохолоджуваних елементів печі №32 на початок випробувань**

Перед монтажем ремонтних півкілець, їх порожнина, у доступних місцях, зачищується механічним способом. Поверхні порожнин є дуже шорсткими, що сприяє, у реальних виробничих умовах, під впливом підвищених температур та фізико-хімічних властивостей умовно-чистої проточної води, підвищеному накипеутворенню та зменшенню вільного отвору для циркулювання охолоджуючої води. У підсумку, спостерігається погіршення тепловідводу від навантажених елементів печі, зменшення зусиль на пружинах, що притискають щоки до електроду та скорочення міжремонтного періоду.

**Треба додатково підкреслити**, що прилад «**Hydroflow Industrial (test)**» було змонтовано не на тільки но виведену з ремонту піч, а після місяця її роботи в звичайному режимі. Таким чином, весь цей місяць, на воохолоджуваних елементах печі відбувалися інтенсивні процеси накипеутворення та зменшення розміру вільного отвору для циркуляції води.

Також, для чистоти експерименту, **було проведено порівняння** із півкільцями печі №38, які відпрацювали без захисту **110 діб**, детальний вигляд яких зафіксовано у «Звіті обстеження півкілець печі №38 цеху №4 АТ «Запорізький завод феросплавів» у період ППР», затвердженого керівництвом заводу (додається).

### **Завершення випробувань:**

Прилад «**Hydroflow Industrial (test)**» пропрацював безпосередньо до закінчення процесу експлуатації печі №32 у зв'язку з її плановим виводом у ППР та **було демонтовано у 9 год. 00 хв. «11» квітня 2019р.**

Перед демонтажем, за допомогою заводського осцилографу, було здійснено контрольну фіксацію форми та потужності сигналу Гідропас на контрольному та суміжному контурах водоохолодження. На контрольному контурі сигнал Гідропас, за формою та потужністю, повністю співпадав із паспортним, на суміжному – сигнал практично не зафіксовано.

Процес демонтажу було зафіксовано представниками ТОВ «Гідрофлоу Україна».

## Розкриття тестових вузлів печі №32:

**15 квітня 2019р. у 10.00**, після розхолодження і демонтажу було здійснено розкриття півкільця електроду №2.

Згідно із п.4.3. Програми випробувань, персоналом АТ «Запорізький завод феросплавів», спільно з представниками ТОВ «Гідрофлоу Україна», було проведено візуальний, з фотовідеофіксацією, огляд наявності та кількості карбонатних відкладень на внутрішніх поверхнях демонтованих півкільць.

### Опис стану елементів, що порівнюються:

По закінченні випробувань було проведено зовнішній огляд із фотофіксацією та порівнянням між собою аналогічних, розташованих на захищеному та незахищеному сигналом Гідропас півкільцях.

Особливу увагу було приділено ретельному аналізу стану півкільць у різних фазах їх експлуатації, підсумки якого було покладено у базу даного звіту.

### Розкриття півкільць показало наступне:

#### **1.Порівняння стану півкільць**

Для порівняння, із застосуванням фотофіксації, було співставлено стан внутрішніх водоохолоджуваних поверхонь наступних півкільць :

**А.** Півкільце, що раніше експлуатувалося у феросплавній печі, порожнину якого було розкрито, очищено механічним шляхом під час ППР та підготовленого до монтажу на піч №32 на час випробувань після виходу з ремонту;

**Б.** Півкільце півфази печі №32, яке, на протязі **105 діб**, безпосередньо піддавалося дії сигналу Гідропас;

**В.** Півкільце півфази печі №32, яке, на протязі **105 діб**, опосередковано піддавалося дії сигналу Гідропас;

**Г.** Раніше демонтоване після експлуатації на протязі **110 діб** півкільце печі №38, яке не піддавалося дії приладу «**Hydroflow Industrial (test)**» у типовому стані.

Стан півкільця печі №38, після **110 діб** експлуатації, було зафіксовано раніше у «**Акті Обстеження півкільць печі №38, цех №4, АТ «Запорізький завод феросплавів»** у період ППР», що додається.

Орієнтовний розмір вільного отвору для проходження води у верхній частині протоки цього півкільця складає лише **5x40мм** (площа = **200 кв.мм**), що є явно недостатнім для водоохолодження печі.



Доцільність застосування для порівняння півкілець з печі, необробленої сигналом Гідропас, обґрунтовано у Примітці до п.4.4. Програми випробування.

### Підсумки порівняння стану півкілець:

**А.** Стан півкілецьця, яке пройшло процес попереднього механічного очищення та підготовки і було встановлено па піч №32 перед її вводом до дослідної-випробувальної експлуатації:





Очищена та підготовлена для подальшої експлуатації на печі №32 поверхня внутрішньої протоки півкільця є дуже шорсткою, схильною до адгезії наявних у воді охолоджувального контуру солей жорсткості, часток окалини, корозії металу та інше. Це, у свою чергу, несе великі ризики повного або суттєвого перекриття протоки із подальшим порушенням температурного режиму півкільця, аж до створення аварійної ситуації. Орієнтовний вільний розмір протоки після механічного очищення складає **38x180мм** (площа = **7000** кв.мм).

### **Б. Півкільце \_печі №32, що було безпосередньо піддано дії сигналу Гідропас**

Розтин півкільця, демонтованого з печі №32 після тестових випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» упродовж **105** діб з «26» грудня 2018р. по «10» квітня 2019р. (загальний міжремонтний термін експлуатації печі складає **136** діб (з «25» листопада 2018р по «10» квітня 2019р.) показав наступне:

#### **1.Верхня частина півкільця**



**!!! - Виявлено повну відсутність відкладень в отворі протоки верхньої частини бобишки півкільця.**

Проток води по верхній частині бобишки вільний, відповідний регламентним умовам експлуатації.

У порівнянні зі станом первісно встановленого півкільця, що було піддано попередньому механічному очищенню (див. п. А даного звіту) вільний розмір отвору протоки залишився без змін.

**Висновок:** Завдяки дії приладу «Hydroflow Industrial (test)» досягнуто відсутність обростання вільного отвору протоки верхньої частини бобишки відкладеннями.

У порівнянні зі станом півкільця печі №38, що відпрацювало 110 діб без впливу приладу (див. п. Г даного звіту), вільний розмір отвору протоку суттєво збільшено з 5x40 мм (площа = 200 кв.мм) до 38x180 (площа = 7000 кв.мм) тобто у 35 раз.

Треба особливо підкреслити, що такі порівняльні результати отримано при терміні успішної експлуатації підконтрольного півкільця на 24% більшому, ніж у порівняльного зразку з аналогічної печі №38, та на 13,3% більшому, ніж регламентований період.

Показники охолодження контуру та візуальний зовнішній огляд стану порожнини півкільця дозволяють стверджувати, що експлуатацію півкільця впевнено можна було б продовжити і надалі, поза межами регламенту, якби не загальна зупинка печі №32 з інших причин.

**ВИСНОВОК:** Збільшення площі перетину вільного отвору для потоку води у 35 рази є красномовним доказом позитивного впливу застосування на даному водоохолоджувальному контурі приладу «Hydroflow Industrial (test)».

**Слід також врахувати,** що прилад «Hydroflow Industrial (test)» було встановлено на контрольний водоохолоджуваний контур не на весь період ППР, а після 31 доби експлуатації у традиційному, тобто – без захисту сигналом Гідропас, режимі.

Весь цей час (30%), у контурі відбувалися звичайні інтенсивні процеси відкладень у твердому вигляді на внутрішній поверхні протоку солей жорсткості, часток окалини, корозії металу та інших з відповідним зменшенням вільного перетину отвору та погіршенням тепловідведення з елементів печі.



## 1. Нижня частина півкільця

**!!! - Виявлено повну відсутність відкладень в отворі протоки нижньої частини бобишки півкільця.**

Проток води по нижній частині бобишки вільний, відповідний регламентним умовам експлуатації.

порівнянні зі станом первісно встановленого півкільця, що було піддано попередньому механічному очищенню стартовий розмір вільного отвору протоки залишився без змін.

**исновок:** Завдяки дії приладу «Hydroflow Industrial (test)» досягнуто повну відсутність відкладень у протоці нижньої частини бобишки.

**!!! - Для порівняння – протоку нижньої частини півкільця печі №38, що відпрацювала 110 діб без впливу приладу (див. п. Г даного звіту), було вщент забито твердими відкладеннями солей жорсткості, часток окалини, корозії металу.**

Рух охолоджувальної води **було заблоковано повністю.**



### **ВИСНОВОК:**

*1. Зафіксоване повне збереження вільного перетину отвору для води у нижній частині бобишки півкільця печі №32 є переконливим доказом високоефективного позитивного впливу застосування на даному водоохолоджувальному контурі приладу «Hydroflow Industrial (test)».*

*2. Збереження охолоджувального вобообігу в елементах печі №32, безумовно, впливає на ефективність тепловідводу з них із подальшою перспективою збільшення регламентного періоду ППР та відповідним покращенням економічних показників ремонту та експлуатації феросплавних печей.*

**В. Півкільце півфази печі №32, яке не було безпосередньо піддано дії сигналу Гідропас;**

Розтин півкільця, такого що не було безпосередньо піддано дії сигналу Гідропас, демонтованого з печі №32 після тестових випробувань приладу «Hydroflow Industrial (test)» упродовж 105 діб з «26» грудня 2018р. по «10» квітня 2019р. (загальний міжремонтний термін експлуатації печі складає 136 діб (з «25» листопада 2018р по «10» квітня 2019р.) показав наступне:

**1.Верхня частина півкільця**



Виявлено незначне заростання верхньої частини бобишки відкладеннями у складі солей жорсткості, часток окалини, корозії металу та інших. Відкладення м'які, мають нерівномірну структуру, розмір включень 1 - 8 мм.

У порівнянні зі станом первісно встановленого півкільця, що було піддано попередньому механічному очищенню (див. п. А даного звіту) вільний розмір отвору протоки скоротився з **38x180** (площа = **7000** кв.мм) до **25 x160** (площа = **4000** кв.мм), тобто у **1,75** рази, що є наслідком експлуатації феросплавної печі №32 на протязі **136** діб без ППР в жорстких умовах виплавки сплаву **ФС65, ФС75** (у тому числі - **31** доба без захисту сигналом Гідропас) та часткового віддаленого впливу приладу «**Hydroflow Industrial (test)**», яке, під час випробувань, було встановлено на іншому контурі водоохолодження тієї ж печі №32.

Можливість такого опосередкованого впливу заздалегідь передбачалася п.4.4. Програми проведення пілотних випробувань приладу електромагнітної обробки води «**Hydroflow Industrial (test)**».

У порівнянні зі станом півкільця, що було піддано безпосередній дії сигналу Гідропас (див. п. Б даного звіту), вільний розмір отвору протоки скорочено з **38x180** (площа = **7000** кв.мм) тобто у **1,75** рази, що є наслідком експлуатації феросплавної печі №32 на протязі **136** діб без ППР в жорстких умовах виплавки сплавів **ФС65, ФС75** (у тому числі - **31** доба без захисту сигналом Гідропас) та часткового віддаленого впливу приладу «**Hydroflow Industrial (test)**», яке, під час випробувань, було встановлено на іншому контурі водоохолодження печі №32.

У порівнянні зі станом півкільця печі №38, що відпрацювало **110** діб без впливу приладу (див. п. Г даного звіту), вільний розмір отвору протоки збільшено з **5x40** мм (площа = **200** кв.мм) у **20** разів, що є наслідком часткового віддаленого впливу приладу «**Hydroflow Industrial (test)**», яке, під час випробувань, було встановлено на іншому контурі водоохолодження тієї ж печі №32.

**ВИСНОВОК:** *Збільшення площі перетину вільного отвору для потоку води у 20 разів по відношенню до аналогічного розміру на відпрацювавшому 110 діб півкільці печі №38 є наслідком віддаленого впливу застосування приладу «Hydroflow Industrial (test)» на іншому водоохолоджувальному контурі печі № 32. Таке часткове збільшення перетину вільного отвору, в деякій мірі, покращує тепловідвід від водоохолоджуваних елементів феросплавної печі №32, але є недостатнім для суттєвого збільшення регламентного терміну ППР*



1. Нижня частина півкільця





Виявлено часткове заростання нижньої частини бобишки відкладеннями у складі солей жорсткості, часток окалини, корозії металу та інших. Відкладення м'які, мають нерівномірну структуру, розмір включень 1 - 8 мм. Проток води по нижній частині бобишки частково зменшено.

У порівнянні зі станом первісно встановленого півкільця, що було піддано попередньому механічному очищенню (див. п. А даного звіту) вільний розмір отвору протоки скорочено з 38x180 (площа = 7000 кв.мм) до 16x250 мм (площа = 4000 мм), тобто у 1,75 раз, що є наслідком експлуатації феросплавної печі №32 на протязі 136 діб без ППР в жорстких умовах виплавки сплаву ФС65, ФС75 (у тому числі - 31 доби без захисту сигналом Гідропас) та часткового віддаленого впливу приладу «Hydroflow Industrial (test)», яке, під час випробувань, було встановлено на іншому контурі водоохолодження тієї ж печі №32.

Можливість такого опосередкованого впливу заздалегідь передбачалася п.4.4. Програми проведення пілотних випробувань приладу електромагнітної обробки води «Hydroflow Industrial (test)».

У порівнянні зі станом півкільця, що було піддано безпосередній дії сигналу Гідропас (див. п. Б даного звіту) вільний розмір отвору протоки скорочено у 1,75 раз, що є наслідком експлуатації феросплавної печі №32 на протязі 136 діб без ППР в жорстких умовах виплавки сплаву ФС65, ФС75 (у тому числі - 31 доби без захисту сигналом Гідропас та часткового віддаленого впливу приладу «Hydroflow Industrial (test)», яке, під час випробувань, було встановлено на іншому контурі водоохолодження тієї ж печі №32.

У порівнянні зі станом протоку нижньої частини півкільця печі №38, що відпрацювало 110 діб без впливу приладу (див. п. Г даного звіту), **вщент забитого твердими відкладеннями солей жорсткості, часток окалини, корозії металу, рух охолоджувальної води по якому було повністю заблоковано,** було зафіксовано вільний отвір протоки розміром 16x250 мм (площа = 4000 кв.мм).

### **ВИСНОВОК:**

*1. Зафіксоване збереження у скороченому, по відношенню до первісного, вільного перетину отвору для води у нижній частині бобишки півкільця печі №32 є наслідком опосередкованого віддаленого впливу застосування на іншому водоохолоджуванному контурі тієї ж печі приладу «Hydroflow Industrial (test)».*

*2. Наслідком опосередкованого віддаленого впливу застосування на іншому водоохолоджуваному контурі даної печі приладу «Hydroflow Industrial (test)» також є наявність незначно зменшеного отвору для циркулювання води (на відміну від вщент забитого потоку без застосування приладу «Hydroflow Industrial (test)»). Наявність такого зменшеного отвору може не забезпечити штатних параметрів тепловідведення та не дозволяє сподіватися на довготривалий стабільний термін експлуатації печі між ППР.*

Після роботи приладу Hydroflow  
Механічна чистка півкільця не потрібна





Після роботи приладу Hydroflow  
Механічна чистка півкільця не потрібна



Стан гребінки подачі води на охолоджуючі контури півкілець, шок, хрестовини печі, плити зводу після роботи приладу Hydroflow. **Накип відсутній.**





**ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ЩОДО ПІДСУМКІВ ДОВГОТРИВАЛОГО ВИРОБНИЧОГО ВИПРОБУВАННЯ ПРИЛАДУ ЕЛЕКТРОННОЇ ОБРОБКИ ВОДИ «HYDROFLOW INDUSTRIAL (TEST)» НА ПЛАВИЛЬНІЙ ПЕЧІ №32 ЦЕХУ №4 АТ «ЗАПОРІЗЬКИЙ ЗАВОД ФЕРОСПЛАВІВ»:**

**ГОЛОВНОЮ МЕТОЮ ВИПРОБУВАНЬ** приладу «Hydroflow Industrial (test)» було беззаперечне доведення ефективності його роботи шляхом доведеної повної ліквідації шару відкладень на внутрішніх стінках досліджуваних водоохолоджуваних елементів феросплавної печі з відповідним покращенням процесу тепловідведення з цих елементів та підсумковою можливістю збільшення регламентних періодів ППР.

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 феросплавної промисловості, зокрема - системах водоохолодження феросплавних печей;

2. Можливість 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. Встановлення приладу електронної обробки води «Hydroflow industrial (test)», в деякій мірі, впливає на уповільнення процесів накипоутворення на суміжних контурах водоохолодження елементів печей, але не є достатнім для гарантованого збільшення міжрегламентних періодів ППР обладнання.

4. Додатковий ефект від роботи системи Гідрофлоу – це захист запірної арматури та патрубків подачі води на контур печі.

**Досягнення головної мети випробувань дозволяє рекомендувати застосування приладів «Hydroflow» у металургії, зокрема – у феросплавній галузі.**