

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НАСТАННЯ МОМЕНТУ НЕОБХІДНОСТІ ОЧИЩЕННЯ НАКИПУ КОТЛА ПЕРЕСУВНИХ ПАРОГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Богатчук І.М., Прунько І.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

Богатчук М.І.

Центр нормативно-економічних досліджень ПАТ «Укрнафта»,

м. Івано-Франківськ

У даній статті розглядається питання визначення моменту проведення промивки змійовиків парового котла парогенератора, шляхом визначення різниці тисків на вхідному та вихідному трубопроводі парогенератора, що дозволить припинити відкладення накипу на стінках змійовика, не допустити перепад і розрив змійовика, і, у зв'язку з цим, зменшити витрату палива на вироблення пари. Суть запропонованої методики пояснюється наступним чином. Згідно законів гідравліки визначаємо втрати тиску при зміні внутрішнього об'єму змійовика котла теплогенератора. Втрати тиску при зміні внутрішнього об'єму визначаємо за формулою Дарсі.

Розрахунки проводять для реально можливих змін об'єму та за результатами розрахунків отримуємо графік. За графіком, у залежності від товщини накипу, можна встановити, яка повинна бути різниця тисків на вході та виході з котла теплогенератора.

Область використання результатів роботи – парові установки нафтогазового технологічного транспорту. Таким чином, нами була обґрунтована економічна доцільність проводити кислотну обробку змійовиків ППУ, не чекаючи нормативних термінів (48–72 год.). Запропоновано спосіб визначення настання моменту кислотної обробки, виходячи із значень перепаду тиску на змійовикові, та схему пристрою для фіксації настання цього моменту. Це дозволить не тільки досягнути економії палива, але і буде запобігати виходу з ладу технологічного обладнання.

***Ключові слова:** змійовик парового котла, живильна вода.*

Вступ. Методика відноситься до теплоенергетики, а саме до пересувних парогенераторних установок нафтогазового технологічного транспорту: ППУ-3; ППУ-3М; ППУА-1200/100; ППУА-1600/100; АДПМ-12/150У1; 2АДПМ-12/150-У1 та інші [1, 2, 3], які використовуються в нафтогазовій промисловості для депарафінізації свердловин, трубопроводів, нафтогазового й іншого обладнання насиченою парою високого та низького тиску, а також для інших побутових і промислових потреб.

В інструкціях з експлуатації для наведених установок момент проведення промивки змійовиків парового котла, з метою усунення накипу в паровій магістралі кислотою не регламентується, так як повністю він залежить від живильної води та режиму виробітку пари [1, 2, 3]. Інструкціями з технічної експлуатації установок [1–4] робота парового котла на непідготовленій живильній воді не допускається.

Актуальність досліджень. Відомо, що інструкціями з експлуатації парогенераторних установок [1–4] до води, яка використовується для вироблення та закачування у пласт пари, ставляться підвищені вимоги, ніж до води, яка використовується у звичайних промислових котельнях. Належно не підготовлена вода, що може мати місце при експлуатації парогенераторних установок [4], зумовлює появу шару накипу з низьким коефіцієнтом теплопровідності і, як наслідок, високого термічного опору стінок труб, що призводить до зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) котла, перевитрат палива на отримання необхідної кількості пари, в порівнянні з нормативними даними регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок. Пояснюється це тим, що в прямоочних парових установках, якими є парогенератори, в результаті випаровування різко збільшується концентрація розчинених у воді солей [4]. Також інструкцією з експлуатації [1–3] передбачається, що концентрація промивних розчинів, залежить від проби накипу на розчинність або в залежності від товщини шару відкладення

від 0,5 мм до 1 мм і від 1 мм до 1,5 мм концентрація соляної кислоти відповідає відповідно 3,4 і 5 %. Концентрація розчину більше 8 % не рекомендується.

При виробленні пари з ступенем сухості 0,7 концентрація розчинених у залишковій воді солей збільшується у 3,5 рази. При ступені сухості пари 0,8 концентрація розчинених солей у залишковій воді зростає в 5 разів, а при ступені сухості виробленої пари 0,9 збільшується в 10 раз. Якщо вміст солей у воді перевищує межу їх розчинення, а розчинність солей при високих тисках значно знижується, то на внутрішніх поверхнях нагріву парової установки буде інтенсивно відкладатись накип [4]. Користуючись уже відомими рекомендаціями [5] при товщині шару 5 мм перевитрата палива складає 30 %, а при 10 мм – збільшується у два рази. Утворений накип приводить до перевитрат палива, а також перепалу та розриву змійовика котла парогенератора.

У джерелі [4] рекомендується кислотна обробка змійовика парогенератора через 48–72 години роботи установки. У даному випадку рекомендується дуже великий інтервал часу роботи установки 24 год., це складає 50 % часу роботи установки до рекомендованої очистки. Експлуатаційники, користуючись таким великим інтервалом 48–72 години роботи установки, до прийняття рішення про необхідність очистки змійовика, часто працюють на максимальній граничній межі часу та тим самим створюють умови до перевитрат палива на отримання необхідної кількості пари, в порівнянні з нормативними даними регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок.

Аналіз умов експлуатації парогенераторних установок мобільного типу показує, що їх кількість у підприємствах нафтогазової галузі роздрібнена (не сконцентрована в одному територіальному чи регіональному районі). Нафтогазові управління чи інші підприємства, які займаються експлуатацією свердловин, зберіганням чи транспортуванням нафти або газу мають одну, а в кращому випадку, дві парогенераторні установки.

Таким організаціям не зовсім доцільно створювати спеціальні технологічні системи для підготовки живильної води, в кращому випадку при невеликих відстанях до місця експлуатації установок, використовують живильну воду котельних агрегатів, яка споживається для обігріву приміщень та інших побутових потреб, причому вони різні за фізико-хімічними властивостями для живлення парових і водогрійних котлів.

Експлуатація парогенераторних установок у польових умовах на далекій відстані від основних баз їх дислокації (зберігання і обліку) приводить до вимушеного споживання фізично та хімічно непідготовленої живильної води, як правило це підземні природні джерельні води, води з рік, озер, ставків та ін. За фізико-хімічними властивостями згадані води не відповідають поставленим вимогам, передбаченим інструкціями з експлуатації [1–4], для яких твердість повинна бути менша 10 мкг-екв/кг. За різними інформаційними джерелами [6, 7] твердість природної не підготовленої води складає від 0,5 до 5,0 мг-екв/л, що щонайменше в 50 разів більше, ніж передбачено інструкціями з експлуатації парогенераторних установок [1–4].

Підготовка живильної води для парогенераторних установок у технологічному та технічному відношенні досить складна і фінансово вартісна, у зв'язку з чим деякі експлуатуючі організації нехтують правилами з експлуатації парогенераторних установок (підготовки живильної води) і використовують технічну воду, якою користуються на об'єктах нафтогазової галузі [4], а інструкціями з експлуатації не регламентується момент визначення необхідності усунення (очищення) накипу з змійовика парогенератора, то виникла необхідність встановлення моменту кислотної обробки змійовика парогенератора за доступними фізичними параметрами роботи парогенераторної установки.

Недоліком даного способу є відсутність інформації в моменті визначення необхідності кислотної обробки парогенератора, з метою усунення накипу з його змійовика.

Постановка задачі. В основу методики поставлена задача визначення моменту проведення промивки змійовиків парового котла парогенератора шляхом визначення різниці тисків на вхідному і вихідному трубопроводі парогенератора, що дозволить припинити відкладення накипу на стінках змійовика, не допустити перепал та розрив змійовика, і в зв'язку з цим зменшити витрату палива на вироблення пари.

Результати досліджень. Поставлена задача вирішується тим, що момент необхідності кислотної обробки котла пересувного парогенератора, визначається за тиском у котлі парогенератора. У процесі експлуатації визначають різницю тисків на вході та виході гідросистеми котла теплогенератора, що встановлюється диференційованим манометром і за різницею тисків по графіку визначають товщину накипу на внутрішній поверхні трубки, за якою по графіку встановлюють і регулюють електричний контакт, на різницю тисків якому відповідає товщина накипу і при досягненні запрограмованого тиску отримують звуковий і світловий сигнали, здійснюють кислотну обробку котла парогенератора.

Суть запропонованої методики пояснюється наступним чином. Згідно законів гідравліки [8] визначаємо втрати тиску при зміні внутрішнього об'єму змійовика котла теплогенератора.

За джерелом [8] втрати тиску при зміні внутрішнього об'єму визначаємо за формулою Дарсі:

$$h_{\text{втр}} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho V^2}{2}. \quad (1)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічних втрат; l – довжина змійовика, м; d – діаметр змійовика, м; ρ – густина води, кг/м^3 ; V – швидкість руху рідини, м/с.

Розрахунки проводять для реально можливих змін об'єму та за результатами розрахунків отримуємо графік (рис. 1). За графіком у залежності від товщини накипу можна встановити, яка повинна бути різниця тисків на вході і виході з котла теплогенератора.

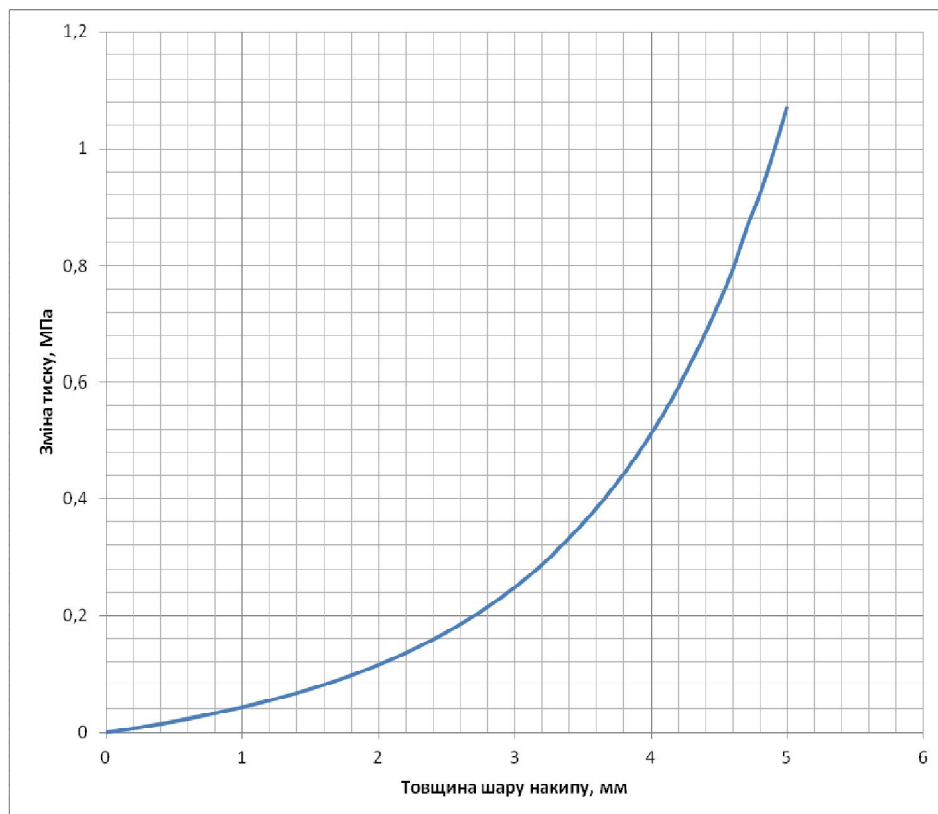


Рисунок 1 – Залежність зміни тиску пари від товщини накипу

Проведемо додаткові розрахунки для визначення витрати палива в залежності від товщини накипу.

Витрата палива ППУА при наявності накипу на стінках змійовика котла [9]:

$$B_2 = B_1 \cdot \frac{k_2}{k_1} \quad (2)$$

де B_1 – витрата палива ППУА без накипу на стінках змійовика, кг/год; k_1 – коефіцієнт теплопровідності без накипу на стінці змійовика котла, Вт/(м²К); k_2 – коефіцієнт теплопровідності стінки змійовика котла при наявності накипу, Вт/(м²К).

Коефіцієнт теплопровідності стінки змійовика котла без накипу визначимо з формули:

$$k_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_2} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}} \quad (3)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від гарячого середовища до стінки змійовика, Вт/(м²К); α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до холодного середовища, Вт/(м²К); λ_1 – коефіцієнт теплопровідності стінки, Вт/(м·К); d_1 – внутрішній діаметр стінки змійовика з накипом (рис. 2), м; d_2 – внутрішній діаметр стінки змійовика (рис. 2), м; d_3 – зовнішній діаметр стінки змійовика (рис. 2), м.

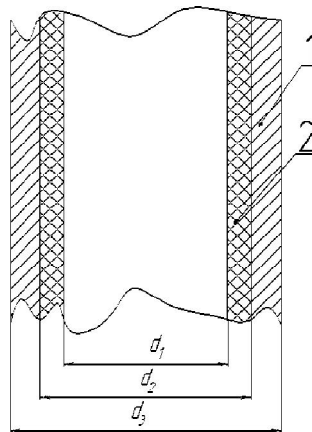


Рисунок 2 – Схема трубки змійовика, вкритої накипом: 1 – труба, 2 – накип

Коефіцієнт теплопровідності стінки змійовика котла при наявності накипу визначимо як для двохшарової циліндричної стінки:

$$k_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_2} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{2\lambda_1} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\alpha_2 d_3}} \quad (4)$$

де d_1 – внутрішній діаметр стінки змійовика з накипом (рис. 2), м; λ_2 – коефіцієнт теплопровідності накипу, Вт/(м·К).

Застосуємо дані формули для визначення зміни витрати палива, в залежності від товщини накипу, на стінках змійовика, взявши за приклад пересувну парогенераторну установку ППУА-1600/100 [2], для якої, згідно нормативів, годинна витрата пального складає 110 кг/год. Для проведення розрахунків й побудови графіків використаємо математичний пакет Mathcad компанії Mathsoft.

Встановлено, що при товщині шару в 1,5 мм (рис. 3) перевитрата палива збільшується до 20 %, що для установки ППУА 1600/100 буде складати 22 кг/год. Така висока витрата палива в умовах заощадження енергетичних ресурсів недопустима.

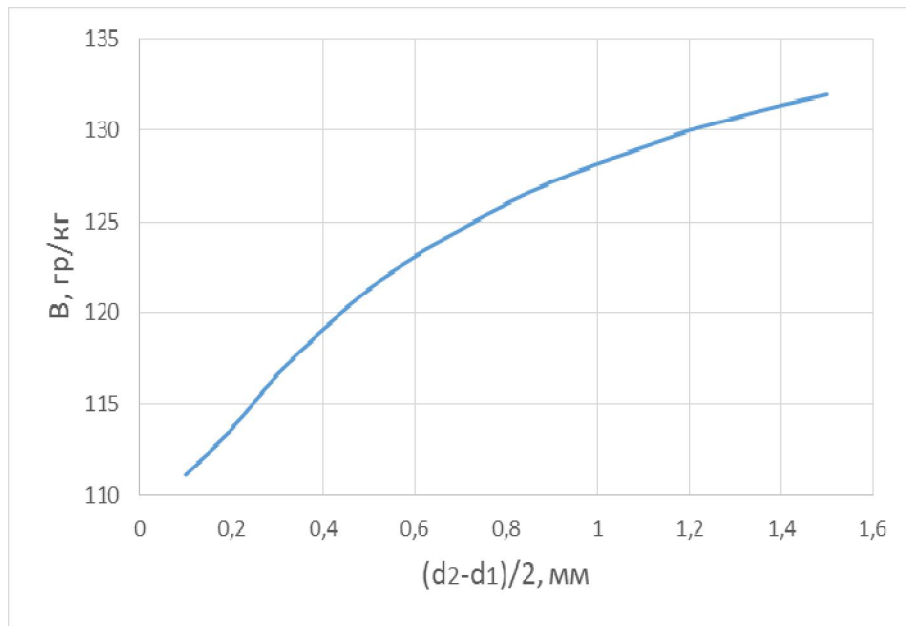


Рисунок 3 – Залежність витрати палива на пароутворення від товщини накипу

Із метою автоматизації фіксації моменту необхідності проведення кислотної обробки змійовика нами пропонується пристрій (рис. 4), який складається з диференційованого датчика 1, який з'єднаний з впускним 2 і випускним 3 трубопроводами котла теплогенератора 4. У диференційований датчик 1 вмонтований електричний контакт 5, який з'єднаний з вимикачем електричного кола 6 і звукового сигналу 7 та світлового датчика 8.

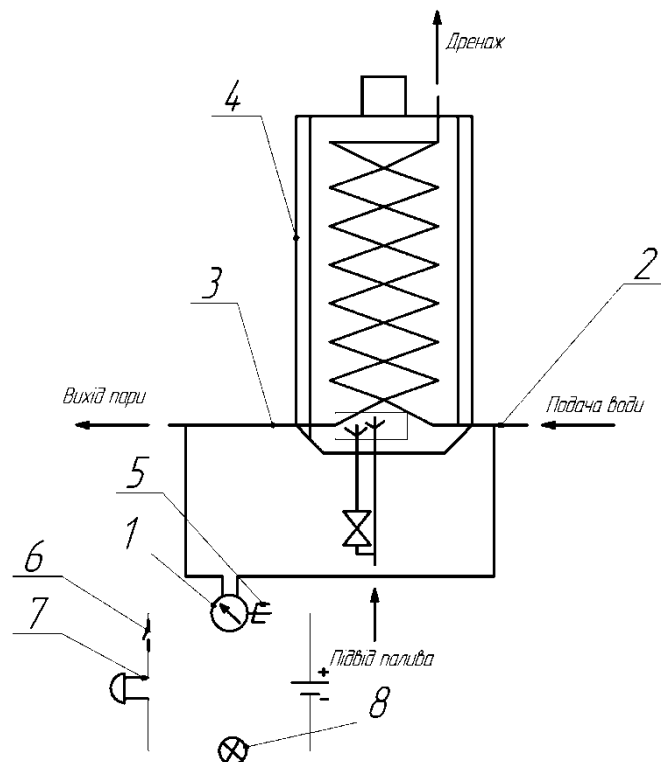


Рисунок 4 – Пристрій для фіксації моменту необхідності кислотної обробки

Після визначення вхідного тиску води у змійовику парогенератора, за допомогою манометра визначаємо різницю тисків. За різницею тисків за графіком (рис. 1) визначаємо товщину накипу на внутрішній поверхні трубки і програмуємо величину тисків.

При товщині шару накипу до 1 мм у гідравлічній системі котла перепад тисків на вході та виході з нього буде складати 0,04 МПа. У цей час вмонтований

у диференційований датчик 1 електричний контакт 5, замкнеться і струм по електричному колу через вимикач 6 потече до звукового сигналу 7 та світлового датчика 8. Оператор установки отримає звуковий сигнал, який сповістить про необхідність втручання в гідравлічну систему котла парогенератора. За допомогою вимикача 6 оператор може відключити звуковий сигнал 7 і при необхідності припинити або продовжити роботу парогенератора.

Висновки. Таким чином, нами була обґрунтована економічна доцільність проводити кислотну обробку зміювиків ППУ, не чекаючи нормативних термінів (48–72 год.). Запропоновано спосіб визначення настання моменту кислотної обробки, виходячи зі значень перепаду тиску на зміювиків і схему пристрою для фіксації настання цього моменту. Це дозволить не тільки досягнути економії палива, але і буде запобігати виходу з ладу технологічного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1200/100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (25.00.00.000 ТО). – 1989. – 72с.
2. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1600/100. Руководство по эксплуатации (ТУ 26-02-987-85). ОАО «Нальчикский машиностроительный завод» – Нальчик : КБР, 2005. – 73 с.
3. Паровая передвижная установка ППУ-3М : каталог – М. : Недра, 1971. – 43 с.
2. Байбаков Н. К. Термоинтенсификация добычи нефти / Н. К. Байбаков, В. А. Брагин, А. Р. Гарушев, И. В. Толстой. – М. : Недра, 1971. – 280 с.
3. Очистка котлов и теплообменников [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : <http://tehgidro.com.ua/rus/truby>.
4. Окоча А. И. Довідник по паливу і мастильних матеріалах / А. И. Окоча, Я. Ю. Білоконь. – К. : Урожай, 1988. – 184 с.
5. Колесник П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте. – М. : Транспорт, 1987. – 271 с.
6. Гидравлика, гидромашини и гидроприводы : учебник для машиностроительных вузов / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. – М. : Машиностроение, 1982. – 423с.
7. Кутателадзе С. С. Основы теории теплообмена / С. С. Кутателадзе. – М. : Атомиздат, 1979. – 416 с.

REFERENCES

1. Ustanovka promihslovaya parovaya peredvizhnaya PPUA-1600/100. Rukovodstvo po ehkspluatacii (TU 26-02-987-85). ОАО «Nalchikskiyj mashinostroitel'niyj zavod» – Nalchik : KBR, 2005. – 73 s.
2. Parovaya peredvizhnaya ustanovka PPU-3M : katalog – M. : Nedra, 1971. – 43 s.
3. Bayjbakov N. K. Termointensifikaciya dobihchi nefti / N. K. Bayjbakov, V. A. Bragin, A. R. Garushev, I. V. Tolstoyj. – M. : Nedra, 1971. – 280 s.
4. Ochistka kotlov i teploobmennikov [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu : <http://tehgidro.com.ua/rus/truby>.
5. Okocha A. I. Dovidnik po palivu i mastil'nikh materialakh / A. I. Okocha, Ya. Yu. Bilokonj. – K. : Urozhayj, 1988. – 184 s.
6. Kolesnik P. A. Materialovedenie na avtomobil'nom transporte. – M. : Transport, 1987. – 271 s.
7. Gidravlika, gidromashin i gidroprivodih : uchebnik dlya mashino-stroitel'nikh vuzov / T. M. Bashta, S. S. Rudnev, B. B. Nekrasov i dr. – M. : Mashinostroenie, 1982. – 423s.
8. Kutateladze S. S. Osnovi teorii teploobminu / S. S. Kutateladze. – M. : Atomizdat, 1979. – 416 s.

Богатчук І.М., Прунько І.Б., Богатчук М.І. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАСТУПЛЕНИЯ МОМЕНТА НЕОБХОДИМОСТИ ОЧИСТКИ НАКИПИ КОТЛА ПЕРЕДВИЖНЫХ ПАРОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК НЕФТЕГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

В данной статье рассматривается вопрос определения момента проведения промывки змеевиков парового котла парогенератора путем определения разницы давлений на входном и выходном трубопроводе парогенератора, что позволит прекратить отложение накипи на стенках змеевика, не допустить пережога и разрыв змеевика, и в связи с этим уменьшить расход топлива на выработку пара. Суть предложенной методики объясняется следующим образом. Согласно законам гидравлики определяем потери давления при изменении внутреннего объема змеевика котла теплогенератора.

Потери давления при изменении внутреннего объема определяем по формуле Дарси. Расчеты проводят для реально возможных изменений объема и по результатам расчетов получаем график. По графику в зависимости от толщины накипи можно установить, какая должна быть разница давлений на входе и выходе из котла теплогенератора. Область применения результатов работы - паровые установки нефтегазового технологического транспорта.

Таким образом, нами была обоснована экономическая целесообразность проводить кислотную обработку змеевиков ППУ, не дожидаясь нормативных сроков (48–72 ч.). Предложен способ определения наступления момента кислотной обработки, исходя из значений перепада давления на змеевик и схему устройства для фиксации наступления этого момента. Это позволит не только достичь экономии топлива, но и предотвратит выход из строя технологического оборудования.

Ключевые слова: змеевик парового котла, питательная вода.

Bogatchuk I.M., Prunko I.B., Bogatchuk M.I. METHOD OF DETERMINING THE ONSET MOMENTS NEED SCALE BOILER CLEANING MOBILE UNITS OIL AND GAS COGENERATION TECHNOLOGICAL TRANSPORT

In this article discusses the definition of time of the washing steam boiler steam coils by determining the pressure difference at the input and output steam pipeline, which will stop the deposition of scale on the walls of the coil, to prevent burnout and coil gap, and in this regard to reduce fuel consumption for steam generation.

The essence of the proposed method is explained as follows. According to the laws of hydraulics determine the pressure loss by changing the internal volume coil boiler heat-loheneratora. Loss of pressure by changing the internal volume determined by the formula Darcy.

Calculations carried out for real volume and possible changes to the estimates we obtain for the schedule. According to the schedule, depending on the thickness of scale can be set, which should be the pressure difference at the inlet and outlet of the boiler heat generator. Field of use of the work - Steam installation process oil and gas transport.

Thus, we have proved the economic feasibility to carry out the acid treatment coils foam without waiting for regulatory deadlines (48 - 72 h.). The method of determining the onset time of acid treatment, based on the values of the pressure drop on the coil and circuit device for fixing the onset of this moment. This will not only achieve fuel economy, but also will prevent the failure of process equipment.

Keywords: coil steam boiler feed water.

© Богатчук І.М., Прунько І.Б., Богатчук М.І.

Статтю прийнято
до редакції 17.04.15