

УДК 621.122.1.015.1

**Ф. В. Козак, к. т. н., проф.; І. М. Богатчук, к. т. н.; І. Б. Прунько, к. т. н., доц.;
М. І. Богатчук**

ВПЛИВ НАКИПУ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА ПАРОГЕНЕРАТОРНИМИ УСТАНОВКАМИ НАФТОГАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ

У статті розглядається питання впливу накипу на нагрівальних елементах пересувних парогенераторних установок (ППУ), які широко використовують у нафтогазовій промисловості для депарафінізації свердловин, трубопроводів, нафтогазового та іншого обладнання насиченою парою високого і низького тиску, а також для інших побутових та промислових потреб.

Оскільки експлуатація парогенераторних установок відбувається у польових умовах на далекій відстані від основних баз їх дислокації (зберігання і обліку), що призводить до вимушеного споживання фізично та хімічно непідготовленої живильної води. Зазвичай це підземні природні джерельні води, води з рік, озер, ставків та ін. Робота парогенераторних установок на непідготовленій воді призводить до утворення накипу, який спричиняє перевитрати палива і вихід з експлуатації котла парогенератора через прогорання змійовика. Однак, навіть під час роботи на підготовленій живильній воді на стінках змійовика утворюється накип, який знижує ефективність його роботи і вимагає періодичного знімання за допомогою кислотної обробки через 48 – 72 години роботи установок.

Експлуатаційники, часто самі створюють умови до утворення товстих шарів накипу та значних перевитрат палива на отримання необхідної кількості пари, в порівнянні з нормативними даними регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок.

У статті проведений аналіз впливу товщини шару накипу на теплові втрати котла ППУ та на вплив шару накипу на перевитрату палива пересувною парогенераторною установкою. Отримано математичну залежність перевитрати палива від товщини шару накипу. Було показано, що виникнення накипу спричиняє не тільки економічні але і екологічні проблеми.

З метою усунення негативного впливу накипу на роботу ППУ було запропоновано конструкцію очисного елемента.

Застосування запропонованого пристрою дозволить зекономити до 10,5 % палива (приблизно 121,5 кг/год.). Враховуючи роздрібну вартість дизельного палива 27 грн./л можливо отримати економію 3280,5 грн. за годину роботи однієї парогенераторної установки.

Таким чином, розглянута у статті проблема є досить актуальною для підприємств нафтогазової галузі.

Ключові слова: пересувні парогенераторні установки, теплопровідність, паливо, теплопередача.

Вступ

Пересувні парогенераторні установки автомобільні (ППУА) мобільного типу використовуються у нафтогазовій промисловості для депарафінізації свердловин, трубопроводів, нафтогазового та іншого обладнання насиченою парою високого і низького тиску, а також для інших побутових та промислових потреб.

Аналіз умов експлуатації 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. Часто при невеликих відстанях до місця експлуатації установок, використовують живильну воду котельних агрегатів, яка споживається для обігріву

приміщень та інших побутових потреб. Ці живильні води різні за фізико-хімічними властивостями для живлення парових і водогрійних котлів.

Постановка проблеми

Експлуатація парогенераторних установок у польових умовах на далекій відстані від основних баз їх дислокації (зберігання і обліку) призводить 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 ці води не відповідають поставленим вимогам, передбаченим інструкціями з експлуатації [1 – 4], для яких твердість повинна бути менша за 10 мкг-екв/кг. За різними інформаційними джерелами [5 – 7] твердість природної непідготовленої води складає від 0,5 до 5,0 мг-екв/л, що щонайменше у 50 разів більше, ніж передбачено інструкціями з експлуатації парогенераторних установок [1 – 4].

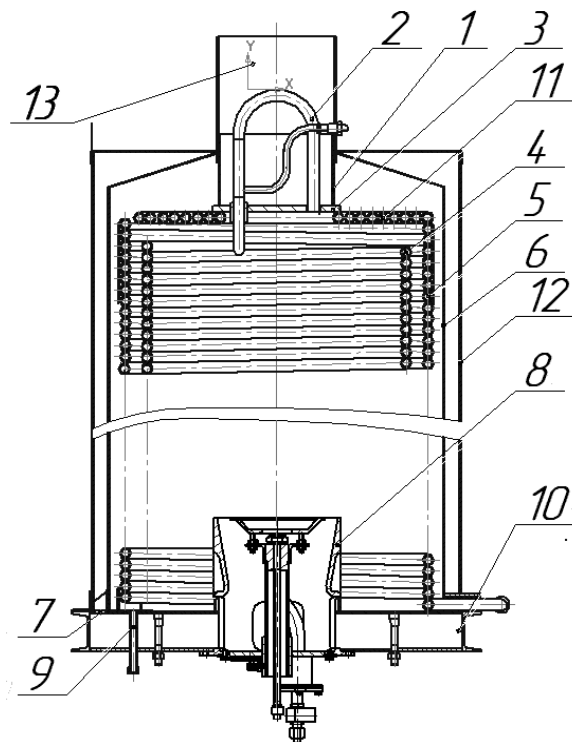
Робота парогенераторних установок на непідготовленій воді призводить до утворення накипу, який спричиняє перевитрати палива і виходу з експлуатації котла парогенератора через прогорання змійовика.

Розв'язати задачу із запобігання (попередження) утворення накипу в змійовиках парогенератора можливо, оцінивши сучасні методи попередження утворення накипу в змійовиках котла парогенераторних вказаного типу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Опис і робота котла.

На пересувних теплогенераторних установках встановлюються парові котли типу ППУА. Схема котла парового зображена на рис. 1. [1 – 4]. Котел вертикальний, циліндричної форми з витими спіральними трубками, прямоточний з нижнім розташуванням пальника.



1 – іскрогасник; 2 – пегля; 3 – кришка; 4 – змійовик внутрішній; 5 – змійовик зовнішній; 6 – кожух внутрішній; 7 – отвір; 8 – пальник; 9 – штуцер; 10 – піддон; 11 – спіраль; 12 – кожух зовнішній; 13 – відхідна труба

Рис. 1. Паровий котел

Поверхні нагріву виконані у вигляді двох циліндричних змійовиків: зовнішнього 5 і внутрішнього 4.

Зовнішній змійовик 5 у верхній частині закінчується плоским спіральним змійовиком 11. Кінці труб зовнішнього 5 і внутрішнього змійовика 4 сполучені петлею 2. Отвір закривається кришкою 3, в якій передбачені вирізи в місцях проходу труб петлі 2. Всі змійовики виконані з котельних труб 28x3,5 ТУ 14-3-460-75, матеріал труб – сталь 20. Простір, утворений циліндричними змійовиками 4,5 і стінкою внутрішнього кожуха котла 6, призначений для проходу топкових газів.

Два циліндричних кожуха 6 і 12 котла утворюють кільцеву камеру для проходу повітря від вентилятора до пальника. Для проходу повітря з кільцевої камери в піддон 10 у його підставці є отвори 7.

Через патрубок у нижню камеру надходять відхідні гази від двигуна автомобіля і забезпечують обігрів котла та насоса в зимовий час під час перегону установки. У трубі котла встановлений іскрогасник сітчастого типу 1.

Штуцери 9 сажездувача виведені назовні піддону 10 котла. У нижній частині котла є люк, у який вмонтований пальник 8. Відхідні гази з котла парогенератора виходять через відхідну трубу 13.

Джерела утворення накипу.

Накип та тверді відкладення, що утворюються на внутрішніх стінках ємностей парових випарників і теплообмінних апаратів, в яких відбувається випар або нагрівання води, яка містить ті або інші солі. Утворений шар речовин може називатися накипом, коли його товщина сягає розмірів, що викликають небезпечний перегрів металевих стінок або коли присутність цих речовин знижує економічність роботи агрегату. Слід зазначити, що часто накипом називають тільки шар тих речовин, який утворюється з розчинених або зважених у воді і сполук [8]. На рис. 2 зображено наявність накипу у трубах змійовика.



Рис. 2. Змійовик парогенератора з шаром накипу

Речовини, які надходять з живильною водою у парогенератори різних типів за певних умов здатні або утворювати накип, або виділятися у формі осаду (шламу) [9]. Накип утворюється в результаті взаємодії води або присутніх у ній реагентів з поверхнею металу котла, яка передає тепло, а також у результаті виділення розчинених у воді речовин під час її кипіння, нагрівання і випаровування.

Утворений у парогенераторах накип відповідно до класифікації [9]. може бути за своїм складом розділений на 5 груп:

- лужноземельний, який складається зі з'єднань Ca і Mg. ;
- мідний накип, який складається в основному з металу міді;

- залізний накип, який поділяється на силікатний, ферросилікатний, фосфатний і оксидний;
- алюмоферросилікатний і силікатний з переважанням SiO_2 ;
- накип із легкорозчинних солей: NaPO_4 , Na_2HPO_4 .

За компонентами, що переважають, відкладення можуть бути класифіковані на крем'яні, натрієві, магнієві, кальцієві, залізні, мідні і т. ін. [9].

Кремнієві відкладення наявні у проточній частині парових турбін; вони складаються з аморфного двоокису кремнію і кристалічного SiO_2 (α – кварц) з домішкою різних силікатів натрію.

Натрієві відкладення, частіше називають сольовими. Вони є у трубах пароперегрівачів, на лопатках турбін, іноді у прямооточних котлах.

Кальцієві відкладення поділяються на карбонатні, сульфатні, силікатні і фосфатні, утворюються у підігрівниках сирої води, у трубах конденсаторів парових турбін, в охолоджувальних пристроях двигунів і т. ін. У цих апаратах утворюється переважно накип з CaCO_3 з домішкою основного карбонату магнію, кремнекислоти, оксидів заліза і алюмінію, іноді карбонату марганцю та інших з'єднань.

Залізний накип поділяється на залізоокисний, залізосилікатний і залізофосфатний. Залізоокисні відкладення утворюються в парових котлах, поживних магістралях, зворотних конденсаторопроводах, трубопроводах очищеної води. Залізофосфатні відкладення наявні в парових котлах.

Теплопровідність накипу в десятки, а часто в сотні, разів менше теплопровідності сталі, з якої виготовлені теплообмінники. Тому навіть найтонший шар накипу створює великий термічний опір, що призводить до перегріву труб і їх розриву [10].

Вимоги до живильної води

Належно не підготовлена вода, що використовується під час експлуатації парогенераторних установок [4], зумовлює появу шару накипу з низьким коефіцієнтом теплопровідності і, як наслідок, високого термічного опору стінок труб. Це в свою чергу призводить до зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) котла, перевитрат палива на отримання необхідної кількості пари, порівняно з нормативними даними регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок. Пояснюється це тим, що в прямооточних парових установках, якими є парогенератори, у 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 становить 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. За ступеня сухості пари 0,8 концентрація розчинених солей у залишковій воді зростає у 5 разів, а за ступеня сухості виробленої пари 0,9 збільшується у 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 призводить 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 цьому випадку рекомендується дуже великий інтервал часу роботи установки 24 год., це складає 50 % часу роботи установки до рекомендованого очищення. 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 порівняно з нормативними даними регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок.

Мета і завдання статті

Метою цієї статті є аналіз сучасних заходів з попередження і усунення накипу з змійовиків парогенератора, а також впливу товщини шару накипу на перевитрати палива на вироблення пари.

Розрахунок впливу товщини стінки накипу на витрату палива пересувної парової установки

Як відомо, шар накипу має дуже низький коефіцієнт теплопровідності 1,163 – 3,79 Вт/(м·К) [11], що призводить до зменшення кількості теплоти, яка передається від газів до води. Це, в свою чергу, призведе до збільшення витрати палива за однакової продуктивності.

Проведемо розрахунок зміни витрати палива від товщини відкладень.

Для спрощення розрахунку приймемо циліндричну трубку змійовика котла парогенератора як плоску стінку.

Також приймемо наступні вихідні дані:

- температура газів в середині котла 1000 – 1300° С [12], приймаємо 1120°С;
 - температура газів на виході із котла 160 – 180° С [12], приймаємо 180°С;
 - температура води на вході у котел – 70° С;
 - коефіцієнт теплопередачі від газів до стінки $\alpha_1 = 65$ Вт/м²·К [2];
 - коефіцієнт теплопередачі від стінки до води $\alpha_2 = 3500$ Вт/м²·К [12];
 - коефіцієнт теплопровідності сталевий стінки змійовика $\lambda_1 = 46,5$ Вт/м·К [2];
 - коефіцієнт теплопровідності шару накипу $\lambda_2 = 1,163 - 3,79$ Вт/(м·К) [11], приймаємо $\lambda_2 = 1,2$ Вт/м·К;
 - нижча теплота згоряння дизельного палива $Q_n = 42700$ кДж/кг;
- коефіцієнт корисної дії парового котла $-\eta'_{III} = 80\%$.

Параметри змійовика парового котла [3]:

- зовнішній діаметр трубки – 0,028 м;
- товщина стінки – $\delta_c = 0,0035$ м;
- середній діаметр зовнішнього змійовика – 0,652 м;
- середній діаметр внутрішнього змійовика – 0,568 м;
- кількість витків – 49.

Коефіцієнт теплопередачі для плоскої стінки без накипу:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{65} + \frac{0,004}{46,5} + \frac{1}{3500}} = 63,46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (1)$$

Коефіцієнт теплопередачі для плоскої стінки з накипом 2 мм:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{65} + \frac{0,004}{46,5} + \frac{0,002}{1,2} + \frac{1}{3500}} = 57,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). \quad (2)$$

Площа конвективного теплообміну, м²:

$$H = \pi d L. \quad (3)$$

де d – зовнішній діаметр трубки змійовика, м; L – довжина трубки змійовика, м.

$$L = 0,568 \cdot 3,14 \cdot 49 + 0,652 \cdot 3,14 \cdot 49 = 187,7 \text{ м}.$$

Отже:

$$H = 3,14 \cdot 0,028 \cdot 187,7 = 16,5 \text{ м}^2.$$

Середній температурний напір:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}}, \quad (4)$$

де Δt_{δ} – різниця температур середовищ на тому кінці поверхні нагріву, де вона найбільша, °С; $\Delta t_{\text{м}}$ – різниця температур середовищ на тому кінці поверхні нагріву, де вона найменша, °С;

$$\Delta t_{\delta} = 1120 - 310 = 810^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 180 - 70 = 110^{\circ}\text{C}.$$

Тоді:

$$\Delta t = \frac{810 - 110}{2,31 \lg \frac{810}{110}} = 351^{\circ}\text{C}.$$

Теплота, що передається від газів до води за відсутності накипу:

$$Q = Hk\Delta t = 16,5 \cdot 63,46 \cdot 351 = 367566,06 \text{ Дж / с.} \quad (5)$$

Теплота, що передається від газів до води при шарі накипу 2 мм:

$$Q = Hk\Delta t = 16,5 \cdot 57,39 \cdot 351 = 332405,1 \text{ Джс / с.} \quad (6)$$

Втрати теплоти:

$$\Delta Q = 367566,05 - 332405,1 = 35160,96 \text{ Джс / с.} \quad (7)$$

Перевитрата палива:

$$\Delta B = \frac{\Delta Q}{Q_H \cdot \eta'_{\text{ПГ}}} = \frac{35160,96 \cdot 3600}{42700 \cdot 0,8 \cdot 1000} = 3,7 \text{ кг.} \quad (8)$$

$$\frac{3,7}{110} \cdot 100 = 3,37\%. \quad (9)$$

Розрахунок для накипу товщиною 0...8 мм проведемо за допомогою програми Excel. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунку впливу товщини шару накипу на витрату палива

Товщина накипу, мм	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·К)	Теплота, яка переходить до води, Дж/с	Втрати теплоти, Дж/с	Перевитрата палива, кг/год	Витрата палива, кг/год	Перевитрата палива, %
0,0	63,466	367566,065	0,000	0,000	110,000	0,0
0,2	62,802	363718,741	3847,324	0,405	110,405	0,4
0,4	62,152	359951,123	7614,942	0,803	110,803	0,7
0,6	61,514	356260,758	11305,307	1,191	111,191	1,1
0,8	60,890	352645,297	14920,768	1,572	111,572	1,4
1,0	60,278	349102,480	18463,585	1,946	111,946	1,8
1,2	59,679	345630,140	21935,925	2,312	112,312	2,1

1,4	59,091	342226,195	25339,870	2,670	112,670	2,4
1,6	58,515	338888,643	28677,422	3,022	113,022	2,7
1,8	57,950	335615,562	31950,503	3,367	113,367	3,1
Закінчення таблиці 1						
2,0	57,395	332405,101	35160,964	3,705	113,705	3,4
2,2	56,852	329255,479	38310,586	4,037	114,037	3,7
2,4	56,318	326164,984	41401,081	4,363	114,363	4,0
2,6	55,794	323131,966	44434,099	4,683	114,683	4,3
2,8	55,280	320154,837	47411,228	4,996	114,996	4,5
3,0	54,775	317232,066	50333,999	5,305	115,305	4,8
3,2	54,280	314362,177	53203,888	5,607	115,607	5,1
3,4	53,793	311543,749	56022,316	5,904	115,904	5,4
3,6	53,315	308775,409	58790,656	6,196	116,196	5,6
3,8	52,846	306055,834	61510,231	6,482	116,482	5,9
4,0	52,384	303383,746	64182,319	6,764	116,764	6,1
4,2	51,931	300757,913	66808,152	7,041	117,041	6,4
4,4	51,485	298177,145	69388,920	7,313	117,313	6,6
4,6	51,047	295640,290	71925,775	7,580	117,580	6,9
4,8	50,617	293146,237	74419,828	7,843	117,843	7,1
5,0	50,193	290693,912	76872,153	8,101	118,101	7,4
5,2	49,777	288282,277	79283,788	8,355	118,355	7,6
5,4	49,367	285910,328	81655,737	8,605	118,605	7,8
5,6	48,964	283577,092	83988,973	8,851	118,851	8,0
5,8	48,568	281281,629	86284,436	9,093	119,093	8,3
6,0	48,178	279023,030	88543,035	9,331	119,331	8,5
6,2	47,794	276800,414	90765,651	9,565	119,565	8,7
6,4	47,417	274612,927	92953,138	9,796	119,796	8,9
6,6	47,045	272459,744	95106,321	10,023	120,023	9,1
6,8	46,679	270340,063	97226,002	10,246	120,246	9,3
7,0	46,318	268253,109	99312,956	10,466	120,466	9,5
7,2	45,964	266198,130	101367,935	10,683	120,683	9,7
7,4	45,614	264174,396	103391,669	10,896	120,896	9,9
7,6	45,270	262181,200	105384,865	11,106	121,106	10,1
7,8	44,931	260217,857	107348,208	11,313	121,313	10,3
8,0	44,597	258283,699	109282,366	11,517	121,517	10,5

За результатами розрахунку, можна зробити висновок, про значний вплив накипу на витрату палива, навіть за незначної його товщини, що призводить до значних перевитрат палива, особливо на великих підприємствах, де є багато парових установок.

Таким чином можна зробити висновок, що використання води з жорсткістю менше 10 мкг-екв/кг, і своєчасне проведення промивки котла, збільшить час роботи установки і знизить витрати на її експлуатацію.

Заходи з запобігання відкладення накипу на внутрішній поверхні змійовика теплогенератора

Аналіз умов експлуатації парогенераторних установок мобільного типу показує, що їх кількість на підприємствах нафтогазової галузі розосереджена територіально (не-сконцентрована в одному територіальному чи регіональному районі). Нафтогазові управління чи інші підприємства мають одну, а в кращому випадку, декілька парогенераторних установок. Таким організаціям економічно недоцільно створювати спеціальні технологічні системи для підготовки живильної води, часто вони використовують живильну воду котельних агрегатів, яка споживається для обігріву приміщень та інших побутових потреб. При цьому не враховується різниця фізико-хімічних властивостей води для живлення парових і водогрійних котлів.

Однак, навіть при роботі на підготовленій живильній воді на стінках змійовика утворюється накип, який знижує ефективність його роботи і вимагає періодичного знімання за допомогою кислотної обробки через 48 – 72 години роботи установок [4]. Тобто різниця між граничним мінімумом і граничним максимумом часу роботи установки до рекомендованої очистки складає 24 години, що складає 50 % часу до граничного мінімуму.

Експлуатаційники, користуючись таким великим розкидом (48 – 72 години) часу роботи установки до прийняття рішення про необхідність очистки змійовика часто працюють на максимально граничній межі часу і тим самим створюють умови до утворення товстих шарів накипу та значних перевитрат палива на отримання необхідної кількості пари, порівняно з нормативними даними регламентованими інструкціями з технічної експлуатації установок.

Економічним і ефективним способом попередження відкладенню накипу є пом'якшення води, за допомогою магнітної обробки [6]. Технологія такої обробки полягає в пропусканні води (не менше 6 разів) через магнітне поле в напрямку, перпендикулярному до дії силових ліній магнітного поля. В результаті такої обробки солі, які знаходяться в воді, не утворюють накипу, а випадають у вигляді легкозвивного шламу. Для магнітної обробки використовують апарати з постійними і електричними магнітами, вмонтованими у водопровідну мережу.

Незважаючи на переваги магнітної обробки води з метою запобігання відкладенню накипу на внутрішніх стінках змійовиків цей спосіб широкого застосування не знайшов. Відсутнє наукове обґрунтування впливу магнітного поля на властивості води [13], а значить, і промислове використання магнітної обробки води для отримання пари у теплогенераторах даного типу не дало бажаних результатів незважаючи на те, що собівартість хімічної підготовки води набагато вища ніж магнітна обробка.

Найактуальнішим за функціональним призначенням є пристрій для попередження відкладення накипу на стінках кип'ятильних трубок парових котлів [14], який складається із очисного елементу, розміщеного усередині змійовика (кип'ятильної трубки), причому сам очисний елемент складається з скручених в трубку гофрованих бляшаних пластинок, вставлених у внутрішню частину змійовика (кип'ятильних трубок). Внаслідок введення такого елементу накип буде відкладатись на поверхні вставленої гофрованої трубки, яку при забрудненні виймають і замінюють іншою. Однак, складність при виготовленні та експлуатації такої конструкції, а також зменшення теплопровідності штучно утвореної подвійної стінки змійовика, ускладнило її застосування в теплоенергетиці.

Проблема відкладення накипу вирішується використанням спеціального пристрою (рис. 3).

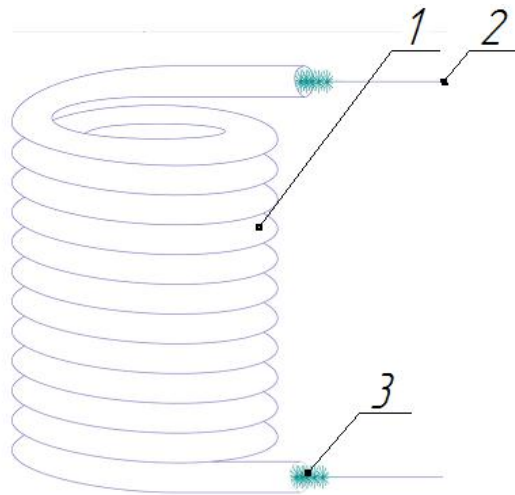


Рис. 3. Пристрій для запобігання відкладенню накипу на внутрішній поверхні змійовика теплогенератора

Пристрій складається з труби 1 змійовика теплогенератора, вставленої у трубу 1 на всю його довжину очисного елемента, який містить гнучку лінву 2, та розміщених і закріплених в лінву дротин 3, виготовлених із м'якшого матеріалу, ніж труба змійовика. У цьому випадку лінва 2 і дротини 3 утворюють гнучку лінву-йоршик.

Очисний елемент, виготовлений у вигляді гнучкої лінви 2, оснащеної дротинами, виготовленими із м'якшого матеріалу від матеріалу змійовика, причому довжина дротин та їх закріплення на лінві забезпечує розміщення очисного елемента в змійовику з натягом.

Виконання очисного елемента у вигляді лінви, оснащеної дротинами, робить його подібним на йоршик, який у процесі отримання пари буде рухатись, а його дротини будуть контактувати з внутрішньою поверхнею змійовика і тим самим перешкоджати відкладенню накипу на стінках змійовика.

Виготовлення дротиноочисного елемента з м'якшого матеріалу не буде зношувати у процесі взаємодії внутрішню поверхню труби змійовика.

Введення гнучкої лінви у конструкцію очисного елемента на всю довжину змійовика у процесі виготовлення пари буде запобігати відкладенню накипу по всій довжині змійовика.

У процесі виготовлення у змійовику теплогенератора пари, лінва 2 приводиться в рух (привід на рис. 3 не показано) і вмонтованими в неї дротинами 3 вступає у контакт із внутрішньою поверхнею труби змійовика 1. Оскільки дротини 3 змонтовані на лінві 2 таким чином, що у трубі 1 вони розміщені з натягом, то в процесі їх контакту з внутрішньою поверхнею труби 1 при можливому відкладенні накипу він з поверхні буде зніматись і змиватись паро-водяною сумішшю, яка знаходиться у змійовику. Під час випуску пари утворений накіп в вигляді шламу буде видалятися з труби 1 змійовика разом з паром.

Запропонований пристрій для запобігання відкладенню накипу на внутрішній поверхні змійовиків теплогенераторів дозволить зменшити собівартість отриманої пари за рахунок економії палива. Економічний ефект буде зростати зі збільшенням продуктивності самої парогенераторної установки.

Висновки

На основі проведених розрахунків, зроблено висновок і отримано закономірності впливу шару накипу на перевитрату палива парогенераторними установками. Запропоновано пристрій для мінімізації впливу накипу на продуктивність котла та собівартість отримання пари. Застосування запропонованого пристрою дозволить зекономити до 10,5 % палива (приблизно 121,5 кг/год.). Враховуючи роздрібну вартість дизельного палива 27 грн./л можливо отримати економію 3280,5 грн. за годину роботи однієї парогенераторної установки.

Важливим є також той факт, що економна витрата палива зменшить також екологічне навантаження.

Таким чином, розглянута в статті проблема є досить актуальною для підприємств нафтогазової галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1200/100. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (25.00.00.000 ТО). – Нальчик : КБР, 1989. – 72 с.
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 установка ППУ-1900/100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.neftemash.ru/products/59/389/index.htm>.
4. Термоинтенсификация добычи нефти / [Байбаков Н. К., Брагин В. А., Гарушев А. Р., Толстой И. В.]. – М. : Недра, 1971. – 280 с.
5. Очистка котлов и теплообменников [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tehgidro.com.ua/rus/truby>.
6. Окоча А. И. Довідник по паливу і мастильних матеріалах / А. И. Окоча, Я. Ю. Білоконь. – К. : Урожай, 1988. – 184 с.
7. Колесник П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте / П. А. Колесник. – М. : Транспорт, 1987. – 271 с.
8. Инструкция по анализу воды, пара и отложений в теплосиловом хозяйстве. – М. : "Энергия", 1967. – 295 с.
9. Малькина Н. Н. Физико-химические процессы в паровом цикле электростанций / Н. Н. Малькина. – М. : "Энергия", 1997. – 286 с.
10. Большая советская энциклопедия / [под редакцией А. М. Прохорова]. – М. : "Советская Энциклопедия", 1974. – Т. 17. – 632 с.
11. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – Л. : Химия, 1987. – 576 с.
12. Частухин В. И. Тепловой расчет промышленных парогенераторов / В. И. Частухин. – Киев: "Вища школа", 1980. – 184 с.
13. Вплив магнітного поля на властивості води [Електронний ресурс] / О. Можаровська // Український науковий портал «Labprice.ua». – Режим доступу : <http://labprice.ua/statti/naukovo-pro-chudesni-vlastivosti-vodi/vpliv-magnitnogo-polya-na-vlastivosti-vodi/>.
14. А. с. 33537 СССР, МКИ 13а, 30. Приспособление для предупреждения отложения накипи на стенках кипячительных трубок паровых котлов / П. Н. Мясоедов (СССР). – № 128296 ; заявл. 04.05.1933 ; опубл. 31.12.1933.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2018 р.

Стаття пройшла рецензування 07.03.2018 р.

Козак Федір Васильович – к. т. н., професор кафедри автомобільного транспорту.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Богатчук Іван Михайлович – к. т. н., с. н. с., доцент кафедри автомобільного транспорту.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Прунько Ігор Богданович – к. т. н., доцент кафедри автомобільного транспорту.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу.

Богатчук Михайло Іванович – інженер-економіст центру нормативно-економічних досліджень.
ВАТ "Укрнафта", м. Івано-Франківськ.