

УДК: 62-621.2; 62-69; 62-97/-98

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ

вул. Желябова, 2а, м. Київ, 03057, тел. (044) 456-62-82

„ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ІТТФ НАН України
академік НАН України



Ю.Ф. Снежкін

2018 р.

**ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**

виконану згідно угоди за договором №25-07-18/918 від 23 липня 2018 р.

«Проведення експериментальних тепло-екологічних випробувань та порівняльних розрахунків водогрійних котлів, що працюють на газовому паливі»

Науковий керівник
Зав. відділу ПТТ ІТТФ НАНУ
канд. техн. наук

В.Г. Демченко

2018 р.

Зміст

№	Найменування	Стор.
1.	Реферат	3
2.	Вступ	4
3.	Технічна характеристика дослідної ділянки	5
4.	Програма «Проведення експериментальних тепло-екологічних випробувань»	6
5.	Методика проведення робіт	8
5.1.	Методика обробки результатів випробувань	9
5.2.	Специфікація приладів для вимірювань на водогрійних котлах	12
5.3.	Схема розміщення точок вимірів	12
6.	Розрахунок об'єму повітря, складу та тепловмісту продуктів згорання	13
6.1.	Розрахунок теплових балансів котлоагрегатів	15
	○ Тепловий баланс котельного агрегату АТОН АОГВМ-12 ЕМ	18
	○ Тепловий баланс котельного агрегату ДС ЛЕМАКС Преміум 12,5	19
	○ Тепловий баланс котельного агрегату АТЕМ «Житомир 3» КСГ 012 СН	21
	○ Тепловий баланс котельного агрегату Siberia 2210-012 исп. 3 Siberia 11	22
	○ Тепловий баланс котельного агрегату Danko Данко-12СР	24
	○ Тепловий баланс котельного агрегату Термобар КС-Г-12,5	25
	○ Тепловий баланс котельного агрегату МІМАКС КСГ-12,5	27
6.2.	Газовий розрахунок котельного агрегату	28
7.	Порівняльний аналіз отриманих результатів	29
8.	Висновки	32
9.	Література	32
10.	Додатки	33

1. РЕФЕРАТ

У звіті представлені матеріали науково-дослідної експертизи й комплексних еколого-теплотехнічних випробувань водогрійних котлів, яка виконувалась співробітниками ІТТФ НАНУ за договором № 25-07-18/918 від 23 липня 2018 р. з ТОВ "Спільне українсько-німецьке підприємство "АТЕМ-ФРАНК", м. Житомир.

Метою роботи є: еколого-теплотехнічні випробування водогрійних котлів, визначення мінімальної питомої витрати палива та викидів шкідливих речовин в атмосферу, порівняльний аналіз роботи котлів при різних значеннях розрідження в димоході, визначення ККД та розробка рекомендацій по оптимізації їх подальшого використання.

Було проведено ознайомлення з технічною документацією наданої замовником на кожний котел.

Режимно-налагоджувальні дослідження та комплексні еколого-теплотехнічні випробування проводились на двох основних режимах роботи котлів при мінімальному та максимальному тепловому навантаженні при значеннях розрідження в димоході 3,5; 7,0 та 15,0 Па.

Максимально досягнута теплопродуктивність, кожного з водогрійних котлів, склала близько 12 кВт.

Значення ККД на максимально досягнутому навантаженні склало від 81 до 93,4%, що обумовлено моральнозастарілою конструкцією котлів, використанням при теплопередачі тільки конвективного виду теплообміну, чутким реагуванням котлів на аеродинамічний опір в димоходи та іншими режимними характеристиками обладнання.

Встановлені на котлах атмосферні пальники низького тиску працювали надійно в дослідних діапазонах навантажень й коефіцієнтів надлишку повітря.

На основі проведених випробувань розроблені розрахунки роботи котлоагрегатів, визначені екологічні показники роботи котлів, запропоновані заходи, направлені на підвищення ефективності та надійності роботи обладнання.

Звіт містить 9 розділів, який складаються з 57 стор., 2 рисунків, 15 таблиць, 9 використаних літературних джерел, 7 додатків.

Ключові слова: теплообмін, котел, пальник, горіння, екологія, ККД, продукти спалювання.

2. ВСТУП

Звітна технічна документація складена на основі матеріалів, отриманих при виконанні еколого-теплотехнічних режимних випробувань семи водогрійних котлів типу АОГВ, потужністю 12 кВт кожний при їх роботі на природному газі.

Замовник: ТОВ "Спільне українсько-німецьке підприємство "АТЕМ-ФРАНК", місто Житомир, вул. Бялика, 6.

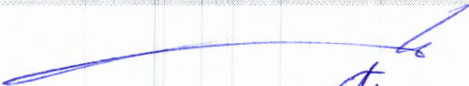

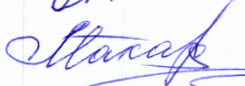


Роботи проводились в липні 2018 року на експериментально-дослідній ділянці замовника. Для проведення досліджень замовником були надані водогрійні котли тепловою потужністю близько 12,0 кВт українського виробництва – АТОН АОГВМ-12 ЕМ; АТЕМ «Житомир 3» КСГ 012 СН; Danko Данко-12СР; Термобар КС-Г-12,5 та російського виробництва - ДС ЛЕМАКС Преміум 12,5; Siberia 2210-012 исп. 3 Siberia 11 та МІМАКС КСГ-12,5. Усі котли, за винятком котла МІМАКС КСГ-12,5, обладнанні атмосферними пальниками та автоматикою італійської фірми SIT.

При проведенні робіт виявлені умови надійної та економічної роботи котлів, визначені коефіцієнти корисної дії та інші техніко-економічні показники роботи обладнання.

Проведені дослідження по визначенню вмісту оксидів азоту та вуглецю в продуктах горіння, вплив режимних факторів на ККД і величину викидів.

За результатами випробувань складено технічний звіт про науково-дослідну роботу.

Список виконавців

П.І.Б	Посада	Підпис
1. Демченко В.Г.	зав. відділу, к.т.н	
2. Трубочов А.С.	с.н.с., к.т.н.	
3. Макаренко Л.А.	гол. технолог	
4. Гронь С.С.	інженер 1 кат.	
5. Жовнарук Є.Г.	провідний інженер	

3. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДНОЇ ДІЛЬНИЦІ

Дослідна ділянка підприємства ТОВ "АТЕМ-ФРАНК", знаходиться в місті Житомир, вул. Бялика, 6 та обладнана дослідним стендом для проведення випробувань водогрійних котлів потужністю до 100 кВт.

Система теплопостачання - відкрита з примусовою циркуляцією по температурному графіку 90-40°C. Для циркуляції теплоносія використовується насос котлового контуру. Регулювання потоку забезпечується шаровими кранами. Регулювання температури теплоносія забезпечується об'ємом потоку та шляхом зміни потужності пальника.

Для зберігання хімічно очищеної води використовується бак ємністю 1,5м³. Якість під живлючої води згідно з ДНАОП 0.00-1.26.96. Для обліку витрат природного газу котельні встановлений лічильник газу ЛГК-80.

Паливо - природний газ, що подається з газопроводу з середнім тиском 3 кг/см² до ГРП, де редукується до 0,3 кг/см² з подальшим зниженням до 200 кг/см². Регулювання розходу газу здійснюється шаровими кранами.

Досліджувані котли сертифіковані в Україні і мають високий коефіцієнт корисної дії (81÷93%) при повному згорянні палива. Котли оснащені системами автоматичного розпалу та захисту, що забезпечує їх експлуатацію без постійного обслуговуючого персоналу.

При спалюванні газу в повітря надходять оксиди азоту, вуглецю та інші шкідливі речовини. Відвід продуктів згоряння від котлів здійснюється сталевією димовією трубою висотою 15 м та діаметром виходу 300 мм оснащену димососом та шиберними засувками. Регулювання розрідження в димоході забезпечується шиберними засувками.

Основні проектні техніко-економічні показники котлів при спалюванні газу надані у додатку №1.

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Генеральний директор
ТОВ "Спільне українсько-німецьке підприємство
"АТЕМ-ФРАНК"

Тер-Тумасов А.О.

4. ПРОГРАМА

«Проведення експериментальних тепло-екологічних випробувань та порівняльних розрахунків водогрійних котлів, що працюють на газовому паливі»

Мета роботи: виведення котлів спільно з котельно-допоміжним обладнанням на оптимальні режими роботи при мінімальному та максимальному тепловому навантаженні з метою порівняльного аналізу їх роботи при різних значеннях розрідження в димоході та визначення ККД, вмісту оксидів азоту, вуглецю й розробці рекомендацій по оптимізації подальшого використання.

1. Підготовчі роботи

- 1.1. Ознайомлення з технічною документацією.
- 1.2. Виконання заходів з техніки безпеки, промислової санітарії та протипожежній безпеці.
- 1.3. Зовнішній огляд котлів і котельно-допоміжного обладнання. Перевірка відповідності монтажу проектній документації. Перевірка оснащеності КВП та А, засобами регулювання, захисту і сигналізації.
- 1.4. Перевірка і регулювання запобіжних, запірних і скидних пристроїв.

2. Наладка оптимальних режимів горіння

- 2.1. Проведення дослідів по визначенню оптимальних режимів роботи котлів.
- 2.2. Досліди по визначенню вмісту оксидів азоту і вуглецю в продуктах горіння, вплив режимних факторів на величину викидів.
- 2.3. Проведення балансових дослідів при оптимальних режимах з виявленням техніко-економічних показників.
- 2.4. Визначення масових концентрацій викидів оксидів азоту, вуглецю на виході з котлів у процесі проведення балансових дослідів.
- 2.5. Визначення впливу величин окремих теплових витрат на ККД котлів.
- 2.6. Оформлення проміжної технічної документації.

3. **Заключні роботи**

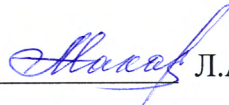
3.1. Обробка матеріалів дослідних робіт та еколого-теплотехнічних іспитів, аналіз отриманих даних.

3.2. Розробка рекомендацій та заходів з ведення економічної експлуатації обладнання та зниженню викидів азоту та вуглецю.

3.3. Складання технічного звіту з дослідних робіт та еколого-теплотехнічних іспитів. Узгодження технічного звіту у «Замовника».

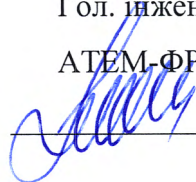
****Примітка:** Виміри параметрів і концентрацій викидів проводяться кожні 10-15 хвилин. ККД-брутто визначається по зворотному балансу.*

СКЛАВ:

Гол. технолог ВПТТ ІТТФ НАНУ  Л.А. Макаренко

УЗГОДЖЕНО:

Гол. інженер ТОВ "Спільне українсько-німецьке підприємство "
АТЕМ-ФРАНК"

 О.І. Мудрієвський

5. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Згідно з програмою на всіх досліджуваних котлах було проведено по три основних балансових досліди після визначення оптимальних коефіцієнтів надлишку повітря при найменших викидах токсичних компонентів.

Режимні випробування проводились при оптимальних значеннях коефіцієнта надлишку повітря, при цьому фіксувалися витрати газу на пальнику та інші необхідні параметри. При проведенні режимних і балансових іспитів газовий аналіз і заміри температури продуктів горіння проводились в газоході за котлом.

При визначенні ККД - брутто котла використовувався метод зворотного балансу. Заміри складу вихідних газів, їх температури та температури повітря перед пальником проводились комп'ютерним газоаналізатором rbr-ecom-KD (зав. № 913) без зупинок на протязі випробування.

Роздруківка показань газоаналізатора приведена в додатку №2.

Специфікація приладів для вимірювання (ЗВТ) та їх характеристики наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Специфікація приладів вимірювання

№ п/п	Назва і умовне позначення ЗВТ	Назва показника об'єкта, що вимірюється	Основні метрологічні характеристики ЗВТ
1	Газоаналізатор rbr-ecom KD	Коефіцієнт корисної дії, вміст оксидів вуглецю та азоту, вміст кисню, температури повітря та вихідних газів, розрідження	O_2, NO : 0 ÷ 4000 ppm CO : 0 ÷ 20000 ppm $\Delta = \pm 5$ ppm (< 125 ppm) $\Delta = \pm 10$ ppm $\delta = \pm 4\%$ (>125 ppm) $\delta = \pm 4\%$ Температура: 0 ÷ 25% 10 ÷ 1000 °C $\delta = \pm 0,1\%$ $\delta = \pm 0,3\%$
2	Багатофункційний прилад testo 435-4	Швидкість, вологість, диференційний тиск	Диференційний тиск: 25÷25мбар $\Delta = \pm 0,02$ мбар $\delta = \pm 2\%$ Швидкість: -0÷20м/с, $\Delta = \pm 0,03$ м/с, $\delta = \pm 4\%$ Вологість 0÷100% $\delta = \pm 2\%$
3	Тепловізор ПІ-160	Розподіл температур на зовнішньої поверхні котла	в діапазоні від -20°C до 120°C, $\Delta = \pm 2$ °C в діапазоні від 0°C до 350°C, $\Delta = \pm 2$ °C
4	Інфрачервоний термометр DT-8867H	Безконтактне вимірювання температури поверхонь	в діапазоні від 20°C до 500°C, $\pm(1\%+1$ °C)

Схема проведення вимірів приводяться нижче у цьому ж розділі.

Свідоцтва про державну метрологічну атестацію засобів вимірювальної техніки надано у Додатку №3.

Розрахунки проводились по загальній методиці зворотного балансу з визначенням втрат тепла. Формули, використовувані при проведенні розрахунків, проведені нижче в розділі «Методика обробки результатів випробувань».

Запис показань газового лічильника та інших приладів проводився кожні 10 хвилин. Виміри та розрахунки CO, NOx та інших забруднюючих речовин проводились згідно [1, 2]. Теплові характеристики теплоізоляції елементів котла визначалися шляхом аналізу отриманих результатів по термограмах (заміри тепловізором) та у важкодоступних місцях пірометром.

5.1. МЕТОДИКА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИПРОБУВАНЬ

Обробка отриманих результатів проводилась згідно «Методичних посібників по проведенню комплексних еколого-теплотехнічних іспитів котлів, що працюють на газі» (Інститут газу НАН України, 1992р.), та методик ГДК 34.02.305-2002 (від 01.07.2002).

Таблиця 5.2. Методика отримання теплотехнічних показників роботи котлів

№ п/п	Найменування величин	Позначення	Розмірність	Способи отримання величин
1	2	3	4	5
1. Паливо – природний газ				
1.	Компонентний склад	-	-	По сертифікату якості газу
2.	Нижча теплота згорання	Q_H^p	$Kкал/м^3$	По сертифікату якості газу $1 Kкал/м^3=419 кДж/м^3$
3.	Теоретична необхідність кількості повітря для пальника	V^0	$м^3/м^3$	$V^0=0,0476 \cdot \left[0,5CO+0,5H_2+1,5H_2S+ \right. \\ \left. + \sum \left(m+\frac{n}{4} \right) \cdot C_mH_n - O_2 \right]$
4.	Максимальний вміст CO ₂ в сухих продуктах згорання	CO_2^{MAX}	%	$\left(\frac{CO_2}{100-4,76 \cdot O_2} \right) \cdot 100$
5.	Максимальний вміст CO ₂ по результатах аналізу палива	CO_2^{MAX}	%	$\frac{(CO_2+CO+CH_4+\sum n \cdot C_nH_m) \cdot 100}{(CO_2+CO+CH_4+\sum n \cdot C_nH_m+N_2+79 \cdot V^0)}$
6.	Витрати газу по лічильнику	$V_{лч}$	$м^3/год$	заміряно
7.	Витрати газу фактичні	$V_{г}$	$м^3/год$	$V_{лч} \cdot 0,385 \frac{(P_B+P_{г})}{(237+t_{г})}$
2. Мережна вода				
8.	Тиск води на виході з котла, вході в котел	$P_{вих}$ $P_{вх}$	$кгс/см^3$	заміряно
9.	Температура мережної води до котла, після котла	$T_{вх}$ $T_{вих}$	$^{\circ}C$	заміряно

10.	Теплопродуктивність котла	Q_k	$\frac{\text{Гкал/го}}{\delta}$	$V_r \cdot Q_H^p \cdot \eta_{br} \cdot 10^{-3}$
3. Гази, повітря				
11.	Склад газів за котлом	A		По даних аналізу
12.	Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	$N_2 / N_2 - 3,76 \cdot O_2$
13.	Тиск газу перед пальником	P_{II}^r	мм в.ст.	заміряно
14.	Температура повітря, газів	t_{II}, T_k	$^{\circ}\text{C}$	заміряно
15.	Розрідження, тиск газів за котлом	S_k	мм в.ст.	Заміряно
4. Тепловий баланс				
16.	Втрати тепла з вихідними газами	q_2	%	аналізатор
17.	Втрати тепла від хімічного не згорання	q_3	%	$(30,2CO + 25,8H_2 + 85,5CH_4)h \cdot 100 / P'$
18.	Відношення дійсного об'єму сухих продуктів згорання до теоретичного об'єму сухих газів, при повному згорянні палива при $\alpha = 1$	h	-	$CO_2^{\max} / (CO_2' + CO' + CH_4)$
19.	Кількість тепла, яке виділяється при повному згорянні палива при $\alpha = 1$	P'	ккал/м ³	Для природного газу $P' = 1000$
20.	Втрати тепла в навколишнє середовище	q_5	%	$q_5^{\text{ном}} \times (Q_{\text{ном}} / Q_{\text{факт.}})$
21.	ККД-брутто котла по зворотному балансу	η_{br}^k	%	$100 - (q_2 + q_3 + q_5)$
22.	Питомі витрати палива на одиницю тепла, виробленого котлом	b_H	м ³ /Гкал	$10^6 \times 100 / Q_{PH} \times \eta_{br}^k$
23.	Питомі витрати умовного палива на одиницю виробленого тепла	$b_{уп}$	кг у.п./Гкал	$1,43 \times 10^4 / \eta_{br}^k$
5. Викиди групи CO, NOx, вихідних газів				
24.	Об'ємна концентрація CO	V_{CO}	%	заміряно
25.	Об'ємна концентрація O ₂	V_{O_2}	%	заміряно
26.	Об'ємна концентрація діоксидів	V_{RO_2}	%	заміряно
27.	Масова концентрація NOx	C_{NOx}	мг/м ³	заміряно
28.	Масова концентрація CO	C_{CO}	мг/м ³	заміряно

29	Масова концентрація NO _x приведена до нормальних умов 0° С, 760мм.вод.ст. при α=1	$C^{NO_x} \alpha=1$	мг/м ³	$2,784 \times C^{NO_x} \times h \times (2,73+T) / P_{бар.}$
30	Масова концентрація СО приведена до нормальних умов при α=1	$C^{CO} \alpha=1$	мг/м ³	$2,784 \times C^{CO} \times h \times (2,73+T) / P_{бар.}$
31	Коефіцієнт розбавлення	h	-	$VR_{O_2}^{max} / (VR_{O_2} + V_{CO} + V_{CH_4})$
32	Теоретична концентрація діоксидів в сухих продуктах згоряння при α=1	$VR_{O_2}^{max}$	%	Для природного газу V=11,8
33	Нижча теплота згоряння палива віднесена до об'єму сухих продуктів згоряння при α=1	L	МДж/м ³	Для природного газу L=4,187 (по таблиці)
34	Атмосферний тиск	Pб	мм рт.ст.	заміряно
35	Температура проб викидів для аналізу	T	°С	заміряно
36	Теоретичний об'єм водяної пари в продуктах згоряння	V^{H_2O}	м ³ /м ³	$0,01(H_2 + 2CH_4 + H_2S + \sum n/2C_mH_n + 0,12d_r) + 0,16V^o$
37	Об'єм сухих продуктів згоряння	$V_{К}^{сг}$	м ³ /м ³	$\frac{CO_2 + CO + CH_4 + H_2S + \sum mC_mH_n}{CO_2 + CO' + CH_4' + SO_2' + \sum mC_mH_n'}$
38	Об'єм водяної пари в продуктах згоряння	V_{H_2O}	м ³ /м ³	$V_o + 0,016(\alpha - 1)V_o$
39	Об'єм азоту при α=1,0	V^{N_2}	м ³ /м ³	$0,79 \times V_o + N_2 / 100$
40	Повний об'єм продуктів згоряння при α>1,0	V^o_r	м ³ /м ³	$V^o_{RO_2} + V^{N_2} + V^{H_2O} + 0,016 \cdot (\alpha - 1)V^o$
41	Загальна кількість димових газів	V_r	м ³ /год.	$B_r \times V^o_r \times (273+T) / 273$
42	Питомі викиди NO _x на 1 Гкал виробленого тепла	B_{NO_x}	г/Гкал	$B_r \times C^{NO_x} \alpha=1 \times V^o_{сг} \times 10^{-3} / Q_k$
43	Питомі викиди СО на 1Гкал виробленого тепла	B_{CO}	г/Гкал	$B_r \times C^{CO} \alpha=1 \times V^o_{сг} \times 10^{-3} / Q_k$
44	Питомі викиди на 1м ³ спалюваного газу:	b_{NO_x} b_{CO}	г/м ³ г/м ³	$C^{NO_x} \alpha=1 \times V^o_{сг} \times 10^{-3} / B_r$ $C^{CO} \alpha=1 \times V^o_{сг} \times 10^{-3} / B_r$
45	Секундний викид СО	$C^{сек} CO$	г/с	$B_{CO} \times Q_k / 3600$
46	Секундний викид NO _x	$C^{сек} NO_x$	г/с	$B_{NO_x} \times Q_k / 3600$

5.2. СПЕЦИФІКАЦІЯ ПРИБАДІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ НА ВОДОГРІЙНИХ КОТЛАХ

№ п/п	Найменування вимірів	Прилади для вимірів	Клас точності	Верхній рівень вимірювань
Т И С К				
1.	Вода перед та за котлом	Манометр	1,5	10 бар
2.	Газ перед лічильником	Манометр	1,5	1 бар
3.	Газ перед котлом	Манометр	1,5	60 мбар
4.	Газ перед пальником	Мікроманометр МА200	1,5	40 мбар
5.	Повітря на пальнику	Мікроманометр МА200	1,5	10 кПа
6.	Вихідні гази за котлом	Мікроманометр МА200	1,5	10 кПа
Т Е М П Е Р А Т У Р А				
7.	Вода на вході в котел	Термометр	-	120 °С
8.	Вода на виході з котла	Термометр	-	120 °С
9.	Повітря перед пальником	газоаналізатор gbr-ekom-KD		50 °С
10.	Вихідні гази	Термометр на панелі керування gbr-ekom-KD		згідно паспорта приладу
11.	Газ перед лічильником	Термометр технічний		120°С
В И Т Р А Т И				
12.	Газу на котел	Газовий лічильник	-	250 м ³ /ч
Г А З О В И Й А Н А Л І З				
13.	Склад вихідних газів	газоаналізатор gbr-ekom-KD		згідно паспорта приладу

5.3. СХЕМА РОЗМІЩЕННЯ ТОЧОК ВИМІРІВ



Рис. 1. Схема вимірів параметрів роботи котлів

6. РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМУ ПОВІТРЯ ДЛЯ ГОРІННЯ, СКЛАД ТА ТЕПЛОВМІСТ ПРОДУКТІВ ЗГОРАННЯ

Розрізняють вищу та нижчу теплоту згорання палива.

- *Вища теплота згорання палива* Q_v^p – теплота, що виділяється при повному окисненні горючих складових палива і теплота що виділяється при конденсації водяної пари, що міститься в продуктах згорання палива.
- *Нижча теплота згорання палива* Q_n^p – теплота, що виділяється при повному окисненні всіх горючих складових палива.
- З протоколу якості газу Бердичівського ЛВУ МГ (Додаток №4), маємо такий компонентний склад газу:

одиниці виміру	Насичені вуглеводні									Інші гази		
	метан	етан	пропан	н-бутан	ізобутан	н-пентан	ізопентан	неопентан	гексани	азот	діоксид вуглецю	кисень
Мол. %	89.4017	5.1623	1.2312	0.2092	0.1368	0.0505	0.0496	0.0037	0.1113	1.6632	1.9771	0.0035

- Повний об'єм продуктів згорання визначається як сума об'ємів окремих газів, віднесених до одиниці палива

$$V_r = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{CO} + V_{H_2} + V_{N_2} + \sum V_{C_m H_n} + V_{O_2} + V_{H_2O}$$

До продуктів повного згорання відносяться CO_2 , SO_2 , H_2O , до продуктів неповного згорання – CO , H_2 , $C_m H_n$. Крім того, в газах є складові повітря N_2 і O_2 .

- В розрахунках використовується поняття об'єму трьохатомних газів:

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2}$$

- та об'єму двоатомних газів

$$V_{R_2} = V_{N_2} + V_{O_2}$$

- Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного згорання 1 м³ газоподібного палива, м³/м³:

$$V^0 = 0,0476 \left[0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \right]$$

де CO , H_2 , H_2S – вміст компонентів газу по об'єму, %.

- Теоретичний об'єм двоатомних газів в продуктах згорання (N_2), м³/м³:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + \frac{N_2}{100}$$

- Об'єм сухих трьохатомних газів в продуктах згорання (CO_2+SO_2), m^3/m^3 :

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum m \cdot C_m H_n)$$

- Теоретичний об'єм водяних парів в продуктах згорання, m^3/m^3 :

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2} \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{г.тл}) + 0,0161 \cdot V^0$$

де $d_{г.тл}$ – вологовміст газоподібного палива, віднесене до 1 м³ сухого газу. В розрахунках приймають $d_{г.тл} = 10$ г/м³.

- Для коефіцієнту надлишку повітря $\alpha > 1$, об'єм водяних парів в продуктах згорання, m^3/kg (m^3/m^3):

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot V^0 \cdot (\alpha - 1)$$

- Для коефіцієнту надлишку повітря $\alpha > 1$, сумарний об'єм димових газів, m^3/kg (m^3/m^3):

$$V_2 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + V^0 \cdot (\alpha - 1)$$

- Об'ємна доля сухих трьохатомних газів, $r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_2}$.

- Об'ємна доля водяних парів, $r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_2}$.

- Сумарна об'ємна доля всіх трьохатомних газів $r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$.

- Температура конденсації водяних парів, °C

$$t_k = 19,48 \cdot \ln(r_{H_2O}) + 91,48$$

- Мінімально допустима температура на поверхні нагріву, °C для газоподібного палива:

$$t_{cm} = t_k + 10$$

- Ентальпія газоподібних продуктів згорання визначається як сума ен- тальпій окремих складових димових газів:

$$I_{yx} = V_{RO_2} \cdot (c\vartheta)_{RO_2} + V_{N_2}^0 \cdot (c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0 \cdot (c\vartheta)_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V^0 \cdot (c\vartheta)_{нов}$$

де $V_{RO_2}, V_{H_2O}, V_{N_2}$, – об'єми складових газів, m^3/m^3 ;

$(c\vartheta)$, – питомі ентальпії складових газів, kJ/m^3 , визначаються за табл. 6.1.

- Ентальпія холодного повітря на вході в пальник

$$I_{xв}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{xв}$$

де $t_{xв}$ – температура холодного повітря в котельній, 30 °C.

Таблиця 6.1. Питомі ентальпії складових газів

ϑ , °C	(с ϑ) _{пов} , кДж/м ³	(с ϑ) _{RO₂} , кДж/м ³	(с ϑ) _{N₂} , кДж/м ³	(с ϑ) _{H₂O₃} , кДж/м ³	(с ϑ) _{зл} , кДж/кг
20	26				
30	39				
100	132	169	130	151	81
200	266	357	260	304	169
300	403	559	392	463	264
400	542	772	527	626	360
500	684	996	664	794	458
600	830	1222	804	967	561
700	979	1461	946	1147	663
800	1130	1704	1093	1335	768
900	1281	1951	1243	1542	874
1000	1436	2202	1394	1725	984
1100	1595	2457	1545	1926	1096
1200	1754	2717	1695	2131	1206
1400	2076	3240	2009	2558	1571
1600	2403	3767	2323	3001	1830
1800	2729	4303	2642	3458	2184
2000	3064	4843	2964	3926	2512
2200	3399	5387	3290	4399	2760

6.1. Розрахунок теплових балансів котлоагрегатів

Ефективність використання палива в котлоагрегаті визначається двома факторами: повнотою процесу спалювання палива і глибиною охолодження продуктів згорання (Products of combustion).

Більша частина теплоти, яка вноситься в котельний агрегат, сприймається поверхнями нагріву і передається робочому тілу. За рахунок цієї теплоти відбувається нагрів води до температури кипіння, далі випаровування води і перегрів пари. Це – корисно використана теплота.

Решта теплоти, що складає приблизно 6...20 %, не використовується на отримання та перегрів пари. Це пояснюється різного роду втратами теплоти, що супроводжують роботу котла.

Розподіл корисної теплоти та внесеної в котлоагрегат виконується шляхом складання теплового балансу котла (Thermal balance).

- В загальному вигляді рівняння теплового балансу котла при усталеному режимі роботи записується так:

$$Q_H = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

де Q_H – наявна теплота на 1 кг (1 м³) палива, кДж/кг або кДж/м³;

- Q_1 – корисно використана теплота, кДж/кг або кДж/м³;
- Q_2 – втрати теплоти з відхідними газами, кДж/кг або кДж/м³;
- Q_3 – втрати теплоти від хімічної неповноти згорання, кДж/кг або кДж/м³;
- Q_4 – втрати теплоти від механічної неповноти згорання, кДж/кг або кДж/м³;
- Q_5 – втрати теплоти в навколишнє середовище через стіни котла, кДж/кг або кДж/м³;
- Q_6 – втрати з фізичною теплотою шлаку, кДж/кг або кДж/м³.

- Відношення корисної теплоти до наявної називається коефіцієнтом корисної дії, за прямим балансом:

$$\frac{Q_1}{Q_n^p} = q_1 = \eta_k$$

ККД котла може бути визначений за прямим та зворотнім балансом.

- ККД за зворотнім балансом визначається за формулою:

$$\eta_k = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

КПД показує на скільки ефективно використовується наявна теплота.

При спалюванні газоподібного палива, $Q_n = Q_n^p = 34720$ кДж/м³.

- Корисна теплота:

$$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$$

де: G – витрата води через котел, м³/год.

T_2 і T_1 – температура води на виході і вході в котел,

c – питома теплоємність води, $c = 1,163$ кВт год / кг К

- Втрати теплоти

1. Втрати теплоти від механічної неповноти згорання.

По довідковим даним в літературі [1, с. 46-49] враховуючи вид використаного палива і тип топкового пристрою, визначають процентний вміст механічного недопалу q_4 . При спалюванні газоподібного палива $q_4 = 0\%$.

2. Визначення втрат з димовими газами:

$$q_2 = \frac{(I_{yx} - \alpha \cdot I_{x6}^0) \cdot (100 - q_4)}{Q_n^p};$$

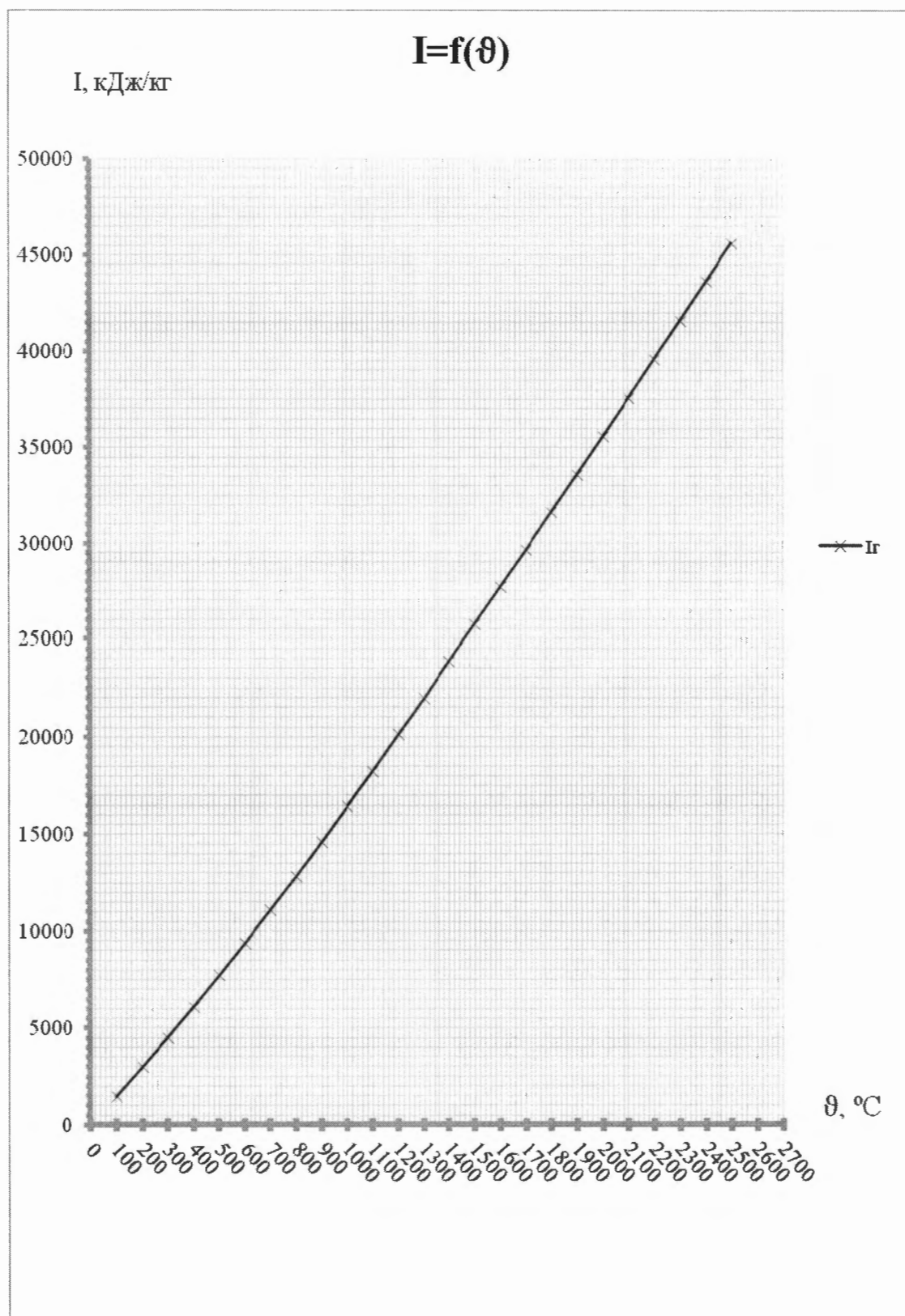
де I_{yx} – ентальпія вихідних газів кДж/кг, визначається в залежності від температури вихідних газів ϑ °С, по діаграмі 2.1.

3. Визначаються втрати теплоти від хімічної неповноти згорання.

По довідковим даним в літературі [1, с. 46-49] з урахуванням виду використаного палива і типу топкового устаткування визначається процентний вміст значення хімічного недопалу q_3 .

4. Втрати теплоти від зовнішнього охолодження q_5 %, визначаються по довідковим даним [2, с. 25]
5. Втрати з фізичною теплотою шлаку для газоподібного палива відсутні, $q_6 = 0\%$.

Ентальпії димових газів у частинках газового тракту наведені на діаграмі 6.1.



Діаграма 6.1– Ентальпії димових газів у частинах газового тракту

Розрахунки теплових балансів котлоагрегатів зведено в таблиці 6.2. – 6.9.

Таблиця 6. 2. – Тепловий баланс котельного агрегату АТОН

Величина			Одиниця виміру	Результат	
Найменування	Позначення	Формула або спосіб		Розрідження	
				3,5	15
1	2	3	4	5	6
Теплота палива	Q_p^p	Q_n^p	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	34720	
Втрата теплоти від хімічної неповноти згорання	q_3	Таблиця 4.4. с.49 [6, 8]	%	0,5	
Втрата теплоти від механічної неповноти згорання	q_4	Таблиця 4.4. с.49 [6, 8]	%	0	
Втрата теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Рис. 3-4, стор.24 [9]	%	0,8	
Температура газів, що відходять	t_{yx}	3 вимірів газоаналізатора	°C	93	95
Ентальпія газів, що відходять	I_z	3 діаграми 6.1	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	4983	8381
Температура повітря в котельній	$t_{x.g}$	За умовою	°C	30	
Ентальпія повітря в котельній	$I_{x.g}$	$I_{xg}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{xg}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	380,47	
Втрата теплоти з газами, що відходять	q_2	$q_2 = \frac{(I_{xg} - \alpha \cdot I_{xg}^0) \cdot (100 - q_1)}{Q_n^p}$	%	10,38	17,36
Сума теплових втрат	$\sum q_i$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	11,68	18,66
ККД	η	$100 - \sum q_i$	%	88,31	81,33
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	1	0,98	0,98
ККД за прямим балансом	η_k	$\frac{Q_1}{Q_x} = q_1 = \eta_k$	%	88,5	80,1

Теплота, що корисно використовується в агрегаті	Q_1	$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$	кВт	11,07	10,01
Збіжність теплового балансу	Δ	$\Delta = \frac{\eta_k - \eta}{\eta} \cdot 100$	%	0,2	1,5
Витрата палива	B	Паспортні дані	$\frac{м^3}{год}$	1,5	
Коефіцієнт використання палива	φ	$\varphi = \frac{B}{Q_1}$	$\frac{м^3}{Гкал}$	162.36	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	3 вимірів газоаналізатора	1	3,62	6,18

Таблица 6.3. – Тепловий баланс котельного агрегату Лемакс

Величина			Одиниця вимір	Результат	
Найменування	Позначення	Формула або спосіб розрахунку		Розрідження	
1	2	3	4	5	6
Теплота палива	Q_p^p	Q_n^p	$\frac{кДж}{м^3}$	34720	
Втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння	q_3	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0,5	
Втрата теплоти від механічної неповноти згоряння	q_4	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0	
Втрата теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Рис. 3-4, стор.24 [9]	%	0,9	
Температура газів, що відходять	t_{yx}	3 вимірів газоаналізатора	°C	169	165
Ентальпія газів, що відходять	I_2	3 діаграми 6.1	$\frac{кДж}{м^3}$	7343	10570

Температура повітря в котельній	$t_{x.6}$	За умовою	°C	30	
Ентальпія повітря в котельній	$I_{x.6}$	$I_{x.6}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{x.6}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	380,47	
Втрата теплоти з газами, що відходять	q_2	$q_2 = \frac{(I_{x.6} - \alpha \cdot I_{x.6}^0) \cdot (100 - q_1)}{Q_p}$	%	17,72	25,32
Сума теплових втрат	$\sum q_i$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	19,02	26,72
ККД	η	$100 - \sum q_i$	%	80,97	73,27
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	1	0,98	0,98
ККД за прямим балансом	η_k	$\frac{Q_1}{Q_k} = q_1 = \eta_k$	%	81,2	74,99
Теплота, що корисно використовується в агрегаті	Q_1	$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$	кВт	10,15	9,44
Збіжність теплового балансу	Δ	$\Delta = \frac{\eta_k - \eta}{\eta} \cdot 100$	%	0,28	2,3
Витрата палива	B	Паспортні дані	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	1,53	
Коефіцієнт використання палива	φ	$\varphi = \frac{B}{Q_1}$	$\frac{\text{м}^3}{\text{Гкал}}$	161,28	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	З вимірів газоаналізатора	1	3,13	4,67

Таблиця 6.4 – Тепловий баланс котельного агрегату АТЕМ

Величина			Одиниця виміру	Результат	
Найменування	Позначення	Формула або спосіб розрахунку		Розріджен	
			3,5	15	
1	2	3	4	5	6
Теплота палива	Q_p^p	Q_n^p	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	34720	
Втрата теплоти від хімічної неповноти згорання	q_3	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0,5	
Втрата теплоти від механічної неповноти згорання	q_4	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0	
Втрата теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Рис. 3-4, стор.24 [9]	%	0,7	
Температура газів, що відходять	t_{yx}	3 вимірів газоаналізатора	°C	130	151
Ентальпія газів, що відходять	I_2	3 діаграми 6.1	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	2879	3350
Температура повітря в котельній	$t_{x.6}$	За умовою	°C	30	
Ентальпія повітря в котельній	$I_{x.6}$	$I_{x.6}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{x.6}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	380,47	
Втрата теплоти з газами, що відходять	q_2	$q_2 = \frac{(I_n - \alpha \cdot I_n^0) \cdot (100 - q_1)}{q_1^r}$	%	6,61	7,97
Сума теплових втрат	$\sum q_i$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	7,81	9,17
ККД	η	$100 - \sum q_i$	%	92,18	90,82
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	1	0,99	0,99
ККД за прямим балансом	η_k	$\frac{Q_1}{Q_k} = q_1 = \eta_k$	%	94,1	92,1

Теплота, що корисно використовується в агрегаті	Q_1	$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$	кВт	12,09	11,65
Збіжність теплового балансу	Δ	$\Delta = \frac{\eta_k - \eta}{\eta} \cdot 100$	%	2	1,4
Витрата палива	B	Паспортні дані	$\frac{m^3}{год}$	1,5	
Коефіцієнт використання палива	φ	$\varphi = \frac{B}{Q_1}$	$\frac{m^3}{Гкал}$	147.60	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	3 вимірів газоаналізатора	1	1,53	2,69

Таблиця 6.5 – Тепловий баланс котельного агрегату SIBERIA

Величина			Одиниця виміру	Результат	
Найменування	Позначення	Формула або спосіб		Розрідження	
1	2	3	4	5	6
Теплота палива	Q_p^p	Q_n^p	$\frac{кДж}{m^3}$	34720	
Втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння	q_3	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0,5	
Втрата теплоти від механічної неповноти згоряння	q_4	Таблиця 4.4. с.49 [9]	%	0	
Втрата теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Рис. 3-4, стор.24 [11]	%	0,9	
Температура газів, що відходять	t_{yx}	3 вимірів газоаналізатора	°C	153	143
Ентальпія газів, що відходять	I_e	3 діаграми 6.1	$\frac{кДж}{m^3}$	7615	13054
Температура повітря в котельній	$t_{x.6}$	За умовою	°C	30	

Ентальпія повітря в котельній	$I_{x.6}$	$I_{x.6}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{x.6}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	380,47	
Втрата теплоти з газами, що відходять	q_2	$q_2 = \frac{(I_{x.6} - a \cdot I_{x.6}^0) \cdot (100 - q_1)}{q_2}$	%	12,99	23,22
Сума теплових втрат	$\sum q_i$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	14,39	24,62
ККД	η	$100 - \sum q_i$	%	85,61	75,38
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	1	0,98	0,98
ККД за прямим балансом	η_k	$\frac{Q_1}{Q_k} = q_1 = \eta_k$	%	86,7	76,39
Теплота, що корисно використовується в агрегаті	Q_1	$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$	кВт	10,05	8,86
Збіжність теплового балансу	Δ	$\Delta = \frac{\eta_k - \eta}{\eta} \cdot 100$	%	0,5	1,3
Витрата палива	B	Паспортні дані	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	1,38	
Коефіцієнт використання палива	φ	$\varphi = \frac{B}{Q_1}$	$\frac{\text{м}^3}{\text{Гкал}}$	159,69	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	З вимірів газоаналізатора	1	3,6	6,74

Таблиця 6.6. – Тепловий баланс котельного агрегату Данко

Величина			Одиниця виміру	Результат	
Найменування	Позначення	Формула або спосіб розрахунку		Розрідження	
			3,5	15	
1	2	3	4	5	6
Теплота палива	Q_p^p	Q_n^p	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	34720	
Втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння	q_3	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0,5	
Втрата теплоти від механічної неповноти згоряння	q_4	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0	
Втрата теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Рис. 3-4, стор.24 [9]	%	0,9	
Температура газів, що відходять	t_{yx}	3 вимірів газоаналізатора	$^{\circ}\text{C}$	147	128
Ентальпія газів, що відходять	I_g	3 діаграми 6.1	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	5202	11024
Температура повітря в котельній	$t_{x.8}$	За умовою	$^{\circ}\text{C}$	30	
Ентальпія повітря в котельній	$I_{x.8}$	$I_{x.8}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{x.8}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	380,47	
Втрата теплоти з газами, що відходять	q_2	$q_2 = \frac{(I_{x.8}^0 - a \cdot I_{x.8}^0) \cdot (100 - q_1)}{Q_p^p}$	%	12,2	24,78
Сума теплових втрат	$\sum q_i$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	13,61	26,18
ККД	η	$100 - \sum q_i$	%	86,3	73,81
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	1	0,98	0,98
ККД за прямим балансом	η_k	$\frac{Q_1}{Q_x} = q_1 = \eta_k$	%	86,28	73,23

Теплота, що корисно використовується в агрегаті	Q_1	$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$	кВт	10,78	9,17
Збіжність теплового балансу	Δ	$\Delta = \frac{\eta_k - \eta}{\eta} \cdot 100$	%	0,2	0,8
Витрата палива	B	Паспортні дані	$\frac{m^3}{год}$	1,44	
Коефіцієнт використання палива	φ	$\varphi = \frac{B}{Q_1}$	$\frac{m^3}{Гкал}$	154.80	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	3 вимірів газоаналізатора	1	2,58	6.36

Таблиця 6.7 – Тепловий баланс котельного агрегату Термобар

Величина			Одиниця виміру	Результат	
Найменування	Позначення	Формула або спосіб розрахунку		Розрідження	
1	2	3	4	3,5	15
5	6				
Теплота палива	Q_p^p	Q_n^p	$\frac{кДж}{m^3}$	34720	
Втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння	q_3	Таблиця 4.4. с.49 [1]	%	0,5	
Втрата теплоти від механічної неповноти згоряння	q_4	Таблиця 4.4. с.49 [1]	%	0	
Втрата теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Рис. 3-4, стор.24 [2]	%	0,9	
Температура газів, що відходять	t_{yx}	3 вимірів газоаналізатора	°C	125	104
Коефіцієнт розведення димових газів	K_p	DIN 4795	%	0,1	0,16

Ентальпія газів, що відходять	I_2	З діаграми 2.1	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	5377	6814
Температура повітря в котельній	$t_{x.6}$	За умовою	°C	30	
Ентальпія повітря в котельній	$I_{x.6}$	$I_{x.6}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{x.6}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	380,47	
Втрата теплоти з газами, що відходять	q_2	$q_2 = \frac{(I_{x.6} - \alpha \cdot I_{x.6}^0) \cdot (100 - q_1)}{Q_p}$	%	12,09	14,22
Сума теплових втрат	$\sum q_i$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	13,49	15,62
ККД	η	$100 - \sum q_i$	%	86,5	84,37
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	1	0,98	0,98
ККД за прямим балансом	η_k	$\frac{Q_1}{Q_k} = q_1 = \eta_k$	%	88,2	83,95
Теплота, що корисно використовується в агрегаті	Q_1	$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$	кВт	11,02	10,49
Збіжність теплового балансу	Δ	$\Delta = \frac{\eta_k - \eta}{\eta} \cdot 100$	%	1,96	0,5
Витрата палива	B	Паспортні дані	$\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$	1,5	
Коефіцієнт використання палива	φ	$\varphi = \frac{B}{Q_1}$	$\frac{\text{м}^3}{\text{Гкал}}$	164,88	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	З вимірів газоаналізатора	1	3,82	4,77

Таблиця 6.8 – Тепловий баланс котельного агрегату МИМАКС

Величина			Одиниця виміру	Результат	
Найменування	Позначення	Формула або спосіб розрахунку		Розрідження	
1	2	3	4	5	6
Теплота палива	Q_p^p	Q_n^p	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	34720	
Втрата теплоти від хімічної неповноти згоряння	q_3	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0,5	
Втрата теплоти від механічної неповноти згоряння	q_4	Таблиця 4.4. с.49 [8]	%	0	
Втрата теплоти від зовнішнього охолодження	q_5	Рис. 3-4, стор.24 [9]	%	0,9	
Температура газів, що відходять	t_{yx}	З вимірів газоаналізатора	°C	270	289
Ентальпія газів, що відходять	I_z	З діаграми 2.1	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	5369	10155
Температура повітря в котельній	$t_{x.б}$	За умовою	°C	30	
Ентальпія повітря в котельній	$I_{x.б}$	$I_{x.б}^0 = V^0 \cdot 0,32 \cdot t_{x.б}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$	380,47	
Втрата теплоти з газами, що відходять	q_2	$q_2 = \frac{(I_{x.б}^0 - \alpha \cdot I_{x.б}^0) \cdot (100 - q_1)}{Q_n^p}$	%	13,99	26,54
Сума теплових втрат	$\sum q_i$	$q_2 + q_3 + q_4 + q_5$	%	15,39	27,94
ККД	η	$100 - \sum q_i$	%	84,6	72,05
Коефіцієнт збереження теплоти	φ	$1 - \frac{q_5}{\eta + q_5}$	1	0,98	0,98
ККД за прямим балансом	η_k	$\frac{Q_1}{Q_k} = q_1 = \eta_k$	%	85,53	73,53

Теплота, що корисно використовується в агрегаті	Q_1	$Q_1 = G \cdot (T_2 - T_1) \cdot c$	кВт	10,69	9,19
Збіжність теплового балансу	Δ	$\Delta = \frac{\eta_k - \eta}{\eta} \cdot 100$	%	1,099	2,05
Витрата палива	B	Паспортні дані	$\frac{M^3}{год}$	1,5	
Коефіцієнт використання палива	φ	$\varphi = \frac{B}{Q_1}$	$\frac{M^3}{Гкал}$	163.08	
Коефіцієнт надлишку повітря	α	З вимірів газоаналізатора	1	1,34	2,47

6.2. Газовий розрахунок котельного агрегату

Таблиця 6.9. – Теоретичні об'єми газів по сертифікату

Величина	Позначення	Розрахункова формула	Результат, $\frac{M^3}{M^3}$
Теоретична кількість сухого повітря, необхідного для повного спалювання палива	$V_{нов}^0$	$0,0476 \cdot \left(\sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m H_n \right) + 0,5(CO + H_2) + 1,5H_2S - O_2$	9,86
Теоретичний об'єм азоту	$V_{N_2}^0$	$0,79 \cdot V_{нов}^0 + 0,01 \cdot N_2$	7,8
Теоретичний об'єм трьохатомних газів	V_{RO_2}	$0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum m C_m H_n)$	1,07
Теоретичний об'єм водяної пари	$V_{H_2O}^0$	$0,01 \cdot (H_2S + H_2 + \sum (0,5n C_m H_n) + 0,124 d_{z.mn.}) + 0,0161V^0$	2,45
Теоретичний об'єм продуктів згорання	V_z^0	$V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$	11,33

7. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Побутові опалювальні газові котли залишаються популярним продуктом на українському ринку опалювальної техніки. До 50% опалювальних котлів що продаються в Україні займають котли імпортного виробництва. Щойно 50% потреб ринку покривається котлами вітчизняного виробництва. Одними з моделей, що масово виготовляються та масово продаються довгі роки є підлогові котли типу АОГВ, що працюють на газу.

При проведенні аналізу роботи котлів необхідно враховувати втрати теплоти які не підлягають точному аналітичному вирішенню. До них відносяться:

- Зміна температури живильної води на 1°C приводить до збільшення або зменшення загальної витрати теплоти, яка виробляється котлом, на 1%.
- Відомо, що зі збільшенням теплопродуктивності котла питомі втрати у навколишнє середовище q_5 зменшуються, а питомі втрати з викидними газами q_2 , хімічним q_3 і механічним q_4 недопалом збільшуються. Спочатку зниження втрат q_5 більше за збільшення втрат $q_2 + q_3 + q_4$ і ККД котла зростає, але потім втрати $q_2 + q_3 + q_4$ зростають скоріше, ніж зниження q_5 і ККД починає знижуватись.
- Якщо знати залежність ККД котла від теплового навантаження можна встановити втрату палива при недозавантаженні котла в режимі зниженого тиску газу й раціональний режим його роботи.
- Втрати теплоти нагрітими поверхнями в навколишнє середовище можуть бути значними. Наприклад, стінкою з температурою 150°C при температурі навколишнього середовища 25°C з 1 м^2 втрачається 1920 ккал/год. В результаті теплових втрат знижуються параметри теплоносія.
- Наднормативне підвищення коефіцієнту надлишку повітря на 0,2 підвищує втрату теплоти з відхідними газами на 1–2%, ККД котлоагрегату знижується на 2%, втрата палива підвищується на 2,5–3%.
- Порушення теплової ізоляції котла на 30% і більше приводить до наднормативної втрати теплоти на 1–2%.
- Збільшення об'єму продуктів згоряння палива на 80–90% внаслідок розбавлення їх повітрям, збільшує втрату теплоти від хімічної неповноти згоряння палива у 2 рази.
- Відхилення вмісту CO_2 у відхідних газах від оптимального значення на 1% збільшує перевитрату палива котлоагрегатом на 0,6%.
- Наявність накипу на внутрішній поверхні котла товщиною 1 мм збільшує витрату палива на 2%.
- Відхилення навантаження котла від оптимального на 10% в бік зменшення приводить до перевитрати палива на 0,2%, а в бік збільшення – на 0,5%.

В цій роботі проаналізовані технічні, екологічні та економічні показники моделей побутових котлів типу АОГВ, розрахованих на опалення будинків із загальною площею близько 100 квадратних метрів, їх характерними особливостями – є:

- відсутність вентиляторних пальників і можливість використання в гравітаційних системах опалення, без підключення до електромережі;
- зменшена циркуляція води в системі опалення;
- коефіцієнт корисної дії – близько 90%, який досягається шляхом розширення площі теплообміну та невеликої кількості води в котлі;

- фарбування антикорозійними емалями й лаками;
- безшумна робота;
- низька вартість.

Отримані данні ілюстровані зведеною таблицею 7.1.

Таблиця 7.1. Звідна відомість основних показників котлів типу АОГВ

№	Найменування параметру та одиниця виміру	Найменування апарату						
		АТОН АОГВМ-12 ЕМ	ЛЕМАКС Преміум 12,5	АТЕМ Житомир3 КСГ 012 СН	Siberia 2210-012 исп. 3 Siberia 11	Данко Данко-12 СР	Термобар КС-Г-12,5 ДS	МІМАКС КСГ-12,5
1	ККД, %	88,31...81,33	81,2...75	92,18...90,82	86,7...74	86.3...73.81	88,2...86,5	84,6...72,05
2	Витрата газу згідно паспорту котла, м ³ /год	1,5	1,53	1,5	1,38	1,44	1,5	1,5
3	Коефіцієнт використання палива, м ³ /Гкал	162.36	161.28	147.60	159,69	154.80	164.88	163.08
4	Метало-місткість, кг/кВт	3,6	4,4	3,92	4,4	4,3	3,64	3,7
5	Приведена вартість, \$/кВт	6,24	5,67	5,15	6,33	4,22	4,66	3,27

З таблиці наочно видно, що всі досліджувані моделі мають практично однакові показники. Всі виробники декларують ККД котла не менше 90%, однак проведені розрахунки не підтверджуються та не збігаються з паспортними даними, наші розрахунки підтверджують, що тільки котли торгової марки АТЕМ мають цей показник на рівні 92,18...90,82%, в залежності від режиму та умов експлуатації.

Найбільшу теплопродуктивність при натурних випробуваннях показав котел виробництва фірми АТЕМ, найгірші показники у котла МІМАКС (Додаток № 5).

Тепловізійні дослідження теплових втрат через корпус котла, наведені в додатку №7, показали, що в усіх котлів відзначається локальне перегрівання корпусу, який перевищує допустимі нормативи. Найбільше перегрівання відмічене у котлів ТЕРМОБАР і МІМАКС до 120⁰С в інших даних котлів температура корпусу, в окремих зонах коливається від 50 до 70⁰С.

Важливо зазначити, що усі котли, за винятком котла торгової марки МІМАКС, обладнані однаковими атмосферними пальниками з блоком автоматики управління і безпеки італійської фірми SIT. Таким чином витрати та умови згорання природного газу в них різняться тільки внаслідок конструктивних особливостей камери спалювання, аеродинаміки котла та конвективного теплообмінника.

Приведена в таблиці 7.1 витрата природного газу, згідно з технічним паспортом, у котлах торгової марки Siberia явно занижена, а в котлі Житомир-3 КСГ 012 СН навпаки завищена, що підтверджується розрахунками коефіцієнту використання палива.

Всі котли мають однакову технологічну схему, конструкцію і близькі габаритні розміри, у зв'язку з чим металомісткість котлів складає близько 4 кг/кВт, хоча у котла АОГВМ-12 ЕМ фірми АТОН вона краща за цей показник - 3,6 кг/кВт.

Важливим екологічним показником є температура вихідних газів, викиди СО і оксидів азоту, а також редукція вуглецю (СО₂). За цими показниками, отриманими в ході досліджень і приведеними в додатку № 2 найменша емісія шкідливих речовин, на різних режимах, виявлена у котла АТОН АОГВМ-12 ЕМ, а найгірші показники у котлів ЛЕМАКС Преміум 12,5, Siberia 2210-012 исп. 3 Siberia 11 і МІМАКС КСГ- 12,5.

Приведена вартість котлів в \$/кВт коливається в інтервалі від 3 до 6 доларів США за кілограм. Найбільша вартість мають котли торгової марки Siberia, а найменша вартість у котла торгової марки МІМАКС, що очевидно пояснюється застосуванням примітивного пальника, без електронного запалення, та блоку управління й безпеки власного виробництва.

Отримані данні дають змогу провести експертну оцінку досліджуваних котлів по чотирьох якірних показниках. Результати оцінки наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2. Ранжирування афектів

№	Найменування параметру та одиниця виміру	Найменування апарату						
		АТОН АОГВМ-12 ЕМ	ЛЕМАКС Преміум 12,5	АТЕМ Житомир3 КСГ 012 СН	Siberia 2210-012 исп. 3 Siberia 11	Danko Данко-12 СР	Термобар КС-Г-12,5 ДС	МІМАКС КСГ-12,5
1	ККД, %	88,31... 81,33 3	81,2...75 5	92,18... 90,82 1	86,7 ...74 4	86.3... 73.81 4	88,2...86,5 2	84,6...72,05 6
2	Коефіцієнт використання палива, м ³ /Гкал	162.36 5	161.28 4	147.60 1	159,69 3	154.80 2	164.88 7	163.08 6
3	Метало-місткість, кг/кВт	3,6 1	4,4 6	3,92 4	4,4 6	4,3 5	3,64 2	3,7 3
4	Приведена вартість, \$/кВт	6,24 6	5,67 5	5,15 4	6,33 7	4,22 2	4,66 3	3,27 1
5	Сума балів	15	20	10	20	15	14	16
	Ранг	3	5	1	5	3	2	4

Ранжирування афектів показує, що найкращі показники має котел АТЕМ, найгірші характеристики у котлів Siberia і ЛЕМАКС що набрали по 20 балів.

Для визначення напрямку подальшого розвитку сценарію можна скористатися методами оцінки на основі апарату математичної статистики.

8. ВИСНОВКИ

1. Проведене ознайомлення з технічною документацією доводить, що котли типу АОГВ одного типу та мають невеликі конструктивні особливості.
2. Режимно-налагоджувальні роботи в період контрольної перевірки не провадилися.

3. Дослідження та комплексні еколого-теплотехнічні випробування проведені на двох основних режимах роботи котлів при мінімальному та максимальному тепловому навантаженні при змінах розрідження в димоході - 3,5; 7,0 та 15,0 Па відповідно.
4. Максимально досягнута теплопродуктивність, кожного з водогрійних котлів, склала близько 12 кВт.
5. Значення ККД на максимально досягнутому навантаженні склало від 81 до 93,4%, що обумовлено в першу чергу конструкцією котлів, використанням тільки конвективного виду теплообміну, чутким реагуванням котлів на аеродинамічний опір в димоходи та іншими режимними характеристиками обладнання та умов експлуатації.
6. Ранжирування афектів показує, що найкращі показники властиві котлу фірми АТЕМ.

9. ЛІТЕРАТУРА

1. Методическое пособие по проведению комплексных эколого-теплотехнических испытаний котлов, работающих на газе и мазуте. К. ИГ АН Украины, 1992г.
2. Требования по эффективному использованию природного газа и охране окружающей среды при проведении наладочных работ топливоиспользующего оборудования. Киев 1995 г.
3. К.Ф.Роддатис, А.Н.Полтарецкий. Справочник по котельным установкам малой производительности. – М., Энергоатомиздат, 1989 г.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. Энергия, 1973 г.
5. ДНАОП 0.00-1.20-98 "Правила безпеки систем газопостачання України" К.. 1998 г.
6. ДНАОП 0.00-1.26 –96 Правила будови і безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів К. 1996 г.
7. Межотраслевые нормы расходов топлива для отопительных котлов, которые эксплуатируются в Украине. Утверждены приказом Госкомэнергоэкономии №46 от 7 мая 2001 г.
8. Эстеркин Р. И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование. Л.: Энергоатомиздат, 1989.
9. Котельні установки промислових підприємств: навчальний посібник / Д.В. Степанов, Є.С. Корженко, Л.А. Боднар. – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 120 с.

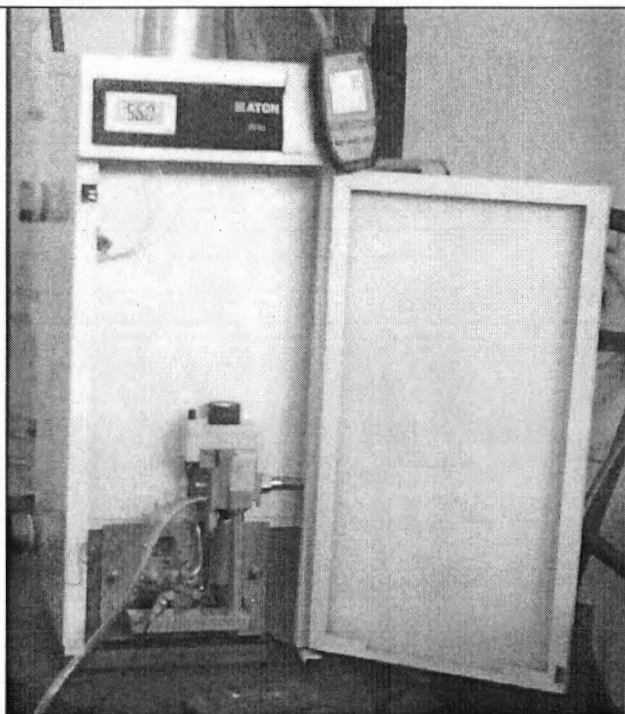
Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

Основні техніко-економічні показники апаратів

Найменування параметру та одиниця виміру	Найменування апарату						
	АТОН АОГВМ- 12 ЕМ	ЛЕМАКС Преміум 12,5	АТЕМ «Житомир 3» КСГ 012 СН	Siberia 2210-012 исп. 3 Siberia 11	Danko Данко- 12СР	Термобар КС-Г- 12,5 ДS	МІМАКС КСГ- 12,5
2	3	4	5	6	7	8	9
Паливо	Природний газ по ГОСТ 5542-87						
Номінальна витрата газу, м ³ /год	1,45	0,75	1,37	1,18	1,4	1,4(±10%)	1,59
Тиск газу, Па							
✓ Мінімальний	640	635	635	635	635	635	н/д
✓ Максимальний	1274±100	1764	1764	1764	1764	1764	1300
Номінальна теплова потужність, кВт	12,5±5%	12,5	12,5 (±10%)	11,6	13,2 (±10%)	12,5 (±10%)	15
Коефіцієнт корисної дії, %	90	90	94	90	92	90	87-90
Температура продуктів згоряння, °С, не менше	110	110	110	110	110	110	110-280
Робочий тиск води, кПа, не більше	100	0,3*10 ⁻³	0,15*10 ⁻³	0,2*10 ⁻³	0,2*10 ⁻³	0,2*10 ⁻³	0,2*10 ⁻³
Допустиме розрідження в димоході, Па	2,94 – 29,4	4-25	2/25	2,94-29,4	25	25	3-25
Об'єм теплоносія в апараті, л	22,5	24,5	16	н/д	19	15,5	4, 5 л/хв.
Габаритні розміри, мм не більше						З димоходом	
✓ Висота	760	744	800	850±5	850	840	765
✓ Глибина	385	491	540	560	497	550	490
✓ Ширина	380	416	230	280	297	250	336
Маса, кг, не більше	45	55	49	52	57	45,5	56
Металомісткість, кг/кВт	3,6	4,4	3,92	4,4	4,3	3,64	3,7

Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

1. Котел АТОН АОГВМ-12 ЕМ



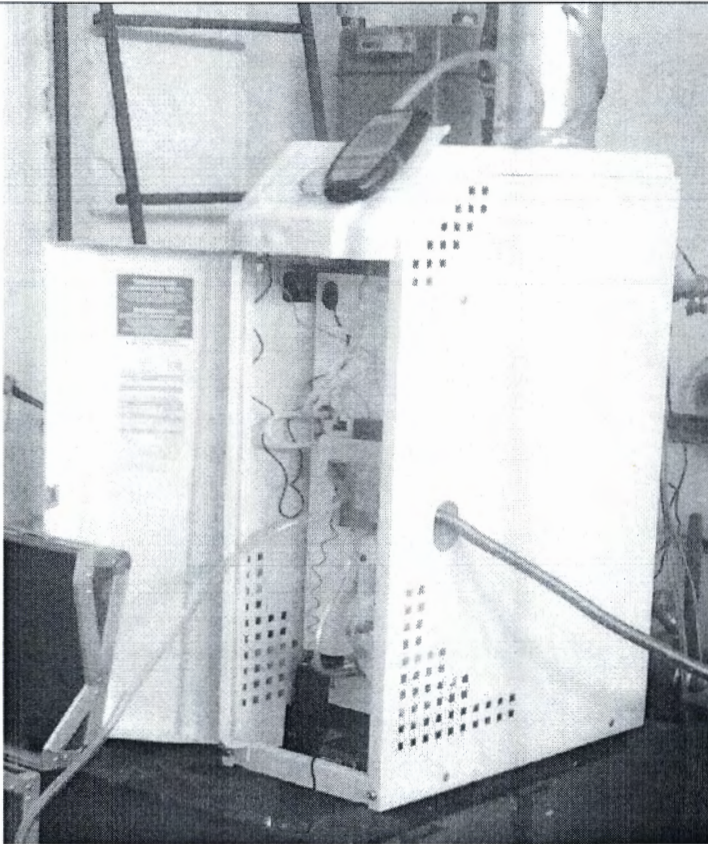
Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

2. Котел ЛЕМАКС Преміум 12,5



Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

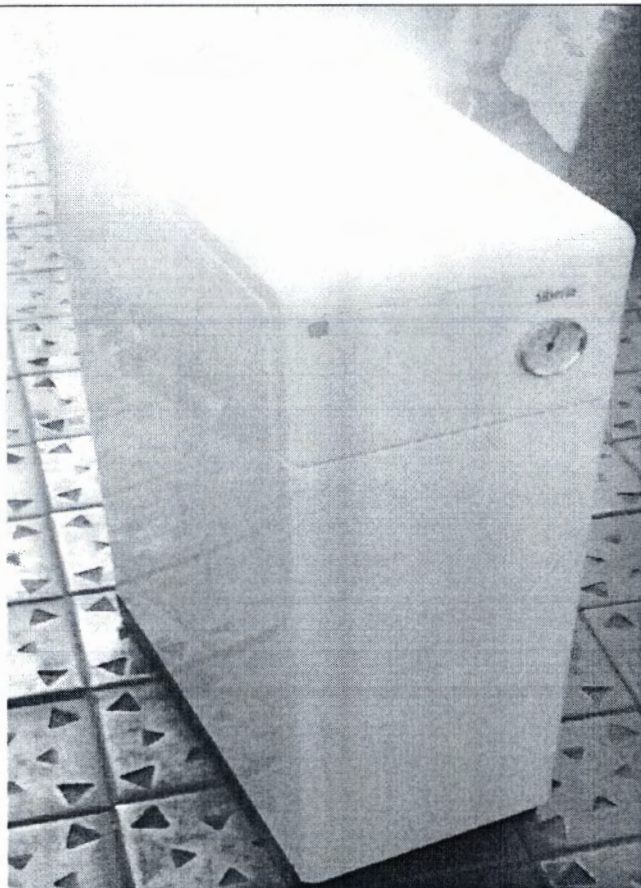
3. Котел АТЕМ «Житомир 3» КСГ 012 СН



<input type="checkbox"/>	КОМПАНІЯ «АТЕМ-ФРАНК»	
<input type="checkbox"/>	ООО «ЖИТОМИРТЕПЛОМАН»	612-17
Урочище, Житомирська обл., м. Батуринка, ул. Ковалюк, 8 Урочище, Житомирська обл., с. Солом'янка, вул. Котельова, 3 тел. +38-0432-4-48-00, 28-99-13		
Котел опалительный газовый		«Житомир-3» модель
Котел опалительный газовый		12,012-001
Категория котла	I _{2H}	
Класс NO ₂ котла	1	
Тип котла	B ₀ ; B _{MS}	
Ном. тепловая мощность	7,6 10,2 13,6 17,4 24,5 28,3 34,2 43,6 55,4 87,2 кВт	
Ном. теплопроизводительность	7,6 10,2 13,6 17,4 24,5 28,3 34,2 43,6 55,4 87,2 кВт	
Максимальное давление воды	0,2 0,3 МПа	
Максимальный тиск воды	0,2 0,3 МПа	
Максимальное давление воды во втором контуре	0,6 МПа	
Максимальный тиск воды у другому контуру	0,6 МПа	
Вид газоподобного топлива	Природный газ (ГОСТ 5542-2014)	
Вид газоподобного топлива	Природный газ (ГОСТ 5542-87)	
Номинальное давление природного газа	0,0013 МПа	
Максимальная температура воды	90°C	
Удельный расход воды через второй контур	175 230 280 350 500 600 700 кг/час	
Питома витрата води через другий контур	900 1400 1800 кг/год	
№	570616	Дата изготовления / Дата виготовлення: 07.07.14
Прежде чем устанавливать и эксплуатировать котел, внимательно изучите руководство по эксплуатации котла. Котел разрешается устанавливать в помещении, воздухообмену! Перш ніж встановлювати і експлуатувати котел уважно ознайомтеся з керівництвом з експлуатації котла. Котел дозволяється встановлювати в приміщенні, що задовольняє відповідні вимоги до повітрообміну!		

Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

4. Котел Siberia 2210-012 исп. 3 Siberia 11



Акционерное общество «Ростовгазоаппарат»
19-я линия, 57, г. Ростов-на-Дону,
Российская Федерация, 344019


EAC

Аппарат отопительный газовый
бытовой с водяным контуром
АОГВ-11,6-3 Ростов мод. 2210-012 исп. 3 Siberia11
ТУ 51-20-25-92

НОМИН. ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ	11,6 кВт
ВИД ГАЗА	природный
НОМИНАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ ГАЗА	1274 Па
ТЕПЛОТА СГОРАНИЯ ГАЗА	35570 кДж/м ³

№ *40366*

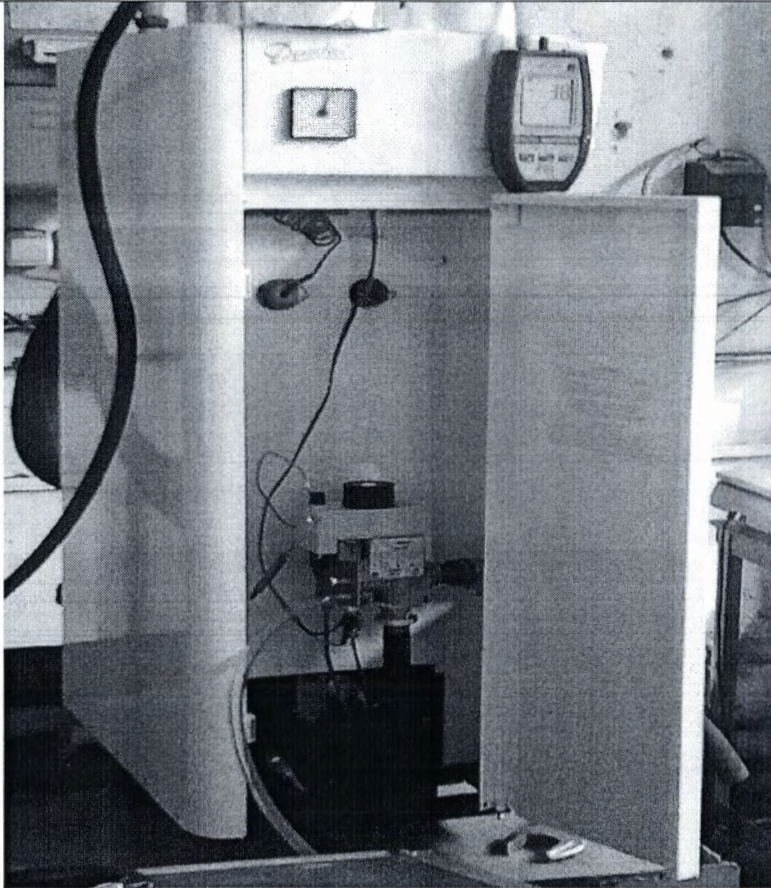
М-ц *1* 201*8* г.



4 603027 000426

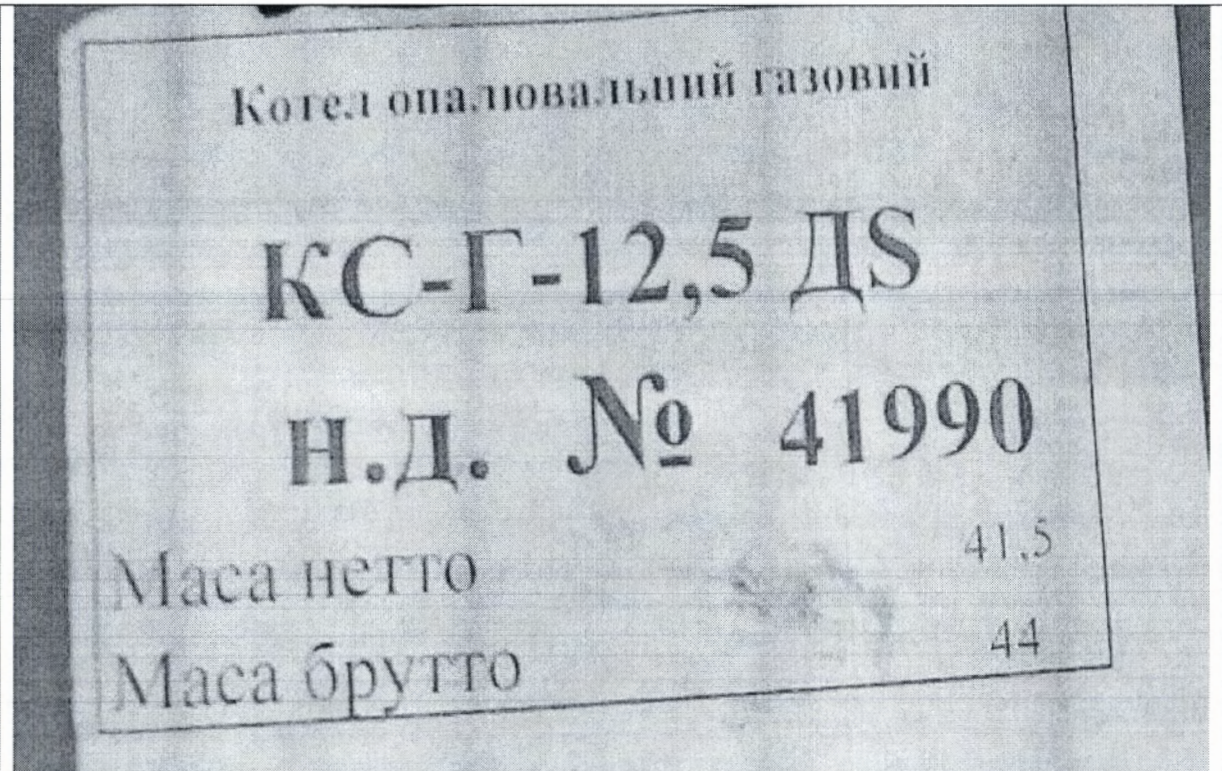
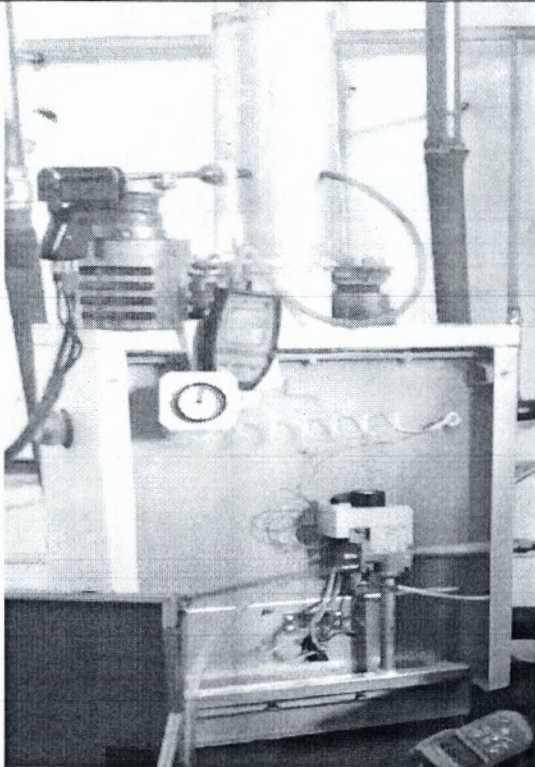
Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

5. Котел Danko Данко-12СР



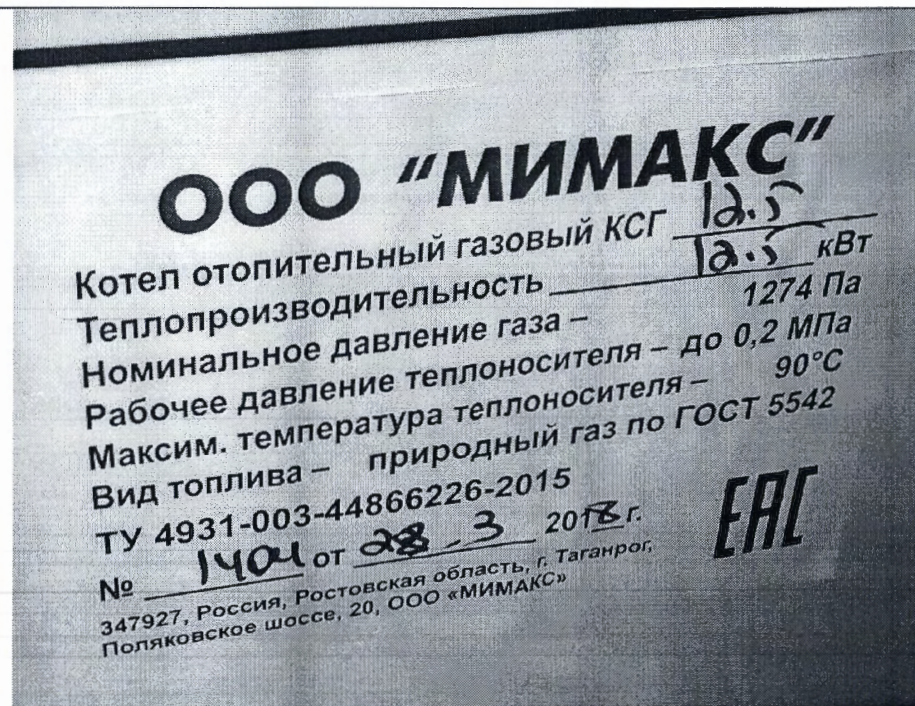
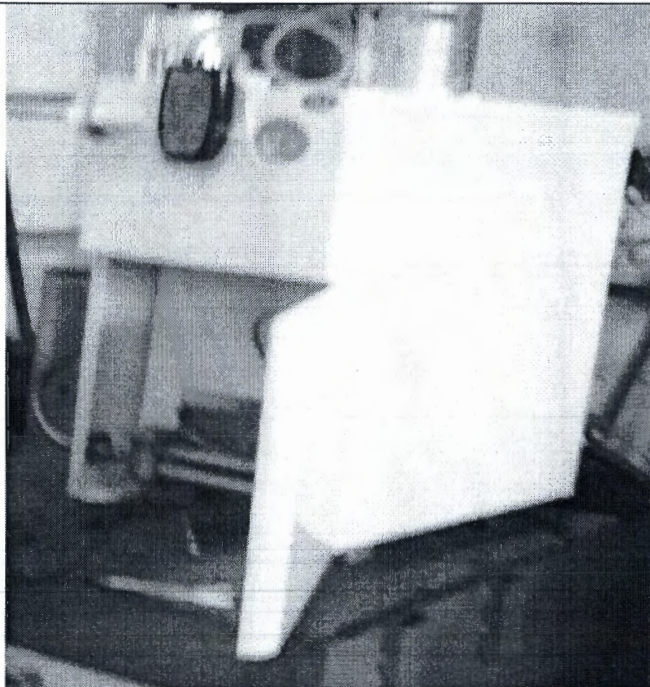
Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

6. Котел Термобар КС-Г-12,5 ДС



Додаток № 1. Основні техніко-економічні показники апаратів

7. Котел МИМАКС КСГ-12,5



Додаток №3. Метрологічна атестація приладів вимірювання



Національний науковий центр
"Інститут метрології"

СВІДОЦТВО про державну метрологічну атестацію

№ 8002 від 06.11.2017

Тепловізор ТІ – 160, сер. № 90002702 – 2235,

(назва ЗВТ, позначення, порядковий номер, дата виготовлення)

виготовлений 2011 р.

Виробник Компанія «Zhejiang ULIRvision Technology Co», Китай

(назва підприємства)

Належить Інститут технічної теплофізики НАНУ

(назва підприємства (організації))

Призначення (галузь застосування) ЗВТ вимірювання температури

Умови проведення Температура (21 ± 1) °С, атмосферний тиск (100 ± 2) кПа, вологість (46 ± 2) %

(температура, вологість тощо)

Результати метрологічної атестації

Назва метрологічної характеристики	Одержане значення метрологічної характеристики	Назва, тип робочих еталонів, застосованих під час атестації
Границі основної похибки вимірювання температури в діапазоні від -20°C до 120°C	± 2°C або ± 2% (вимір. значення);	Система вимірювання параметрів оточуючого середовища СОПОС-1, № 001, кліматична камера, пірометр Raytec
в діапазоні від 0°C до 350°C	± 2°C або ± 2% (вимір. значення)	
в діапазоні від 300°C до 1200°C	± 2% (вимір. значення)	
Діапазон вимірювання температури:	Від -20°C до 1200°C	

Продовження «Додаток про метрологічну атестацію №

За результатами державної метрологічної атестації (протокол №2-30/9985-05-11-12 від 06 листопада 2017 р.) – Тепловізор ТІ – 160, № 90002702-2235

(назва підприємства (організації) ЗВТ)

визначено таким, що відповідає Інструкції з експлуатації на «Тепловізор ТІ – 160»

(назва технічної документації)

та придатний до застосування

(за місцем виміру до метрологічних характеристик та предельно до застосування)

Повірку проводити відповідно до Інструкції з експлуатації «Тепловізор ТІ – 160»

(назва технічної документації)

та МА X 05.1308-2005.

(за місцем метрологічного виставлення ЗВТ)

Міжповітряний інтервал – один рік.

Заступник генерального директора
з наукової роботи
ВПЦ «Інститут метрології»



(підпис)

М.І. Кравченко
(підпис, прізвище)

Начальник ЗІД/ЗО

(підпис)

С.І. Славінський
(підпис, прізвище)

Додаток №3. Метрологічна атестація приладів вимірювання



МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Державне підприємство
Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації,
метрології, сертифікації та захисту прав споживачів
(ДП «Укрметртестстандарт»)

03680, м. Київ, вул. Метрологічна, 4 Свідоцтво про уповноваження №ПТК 001-2009 від 23 лютого 2009 р.

СВІДОЦТВО

про повірку робочого засобу вимірювальної техніки

№ 39-03/1646 Чинне до 10.2018р.

Назва та умовне позначення: Бал. та функціональний
прилад TESTO 435-4 Зав. № 02213546/11
Виробник: Ф. ир. TESTO AG Німеччина

Власник: Знахідка технічної техніки фізичної
НАНУ М. Київ

На підставі результатів повірки засіб вимірювальної техніки визнано
придатним до застосування.

ДСТУ 4007-2001 "Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимі-

рювання та назва документу, що містить вимоги до метрологічних характеристик і (або), за

потреби, значення метрологічних характеристик (клас, класів, діапазону вимірювань тощо)

рювань надлишкового тиску в діапазоні від мінус 100 кПа до 250 МПа".

Додаток на – стор.

Державний повірник

О.І. Серякова
(підпис, прізвище)

Місце печатки або відбитку
повірочного тавра



25 10 2017р.

Додаток №3. Метрологічна атестація приладів вимірювання



МІНЕКОНОПРОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Державне підприємство
«Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації,
метрології, сертифікації та захисту прав споживачів»
(ДП «Укрметртестстандарт»)
в. вул. Метрологічна, 4 Свідоцтво про утворення МСК 001-2004 від 22 лютого 2004 р.

СВІДОЦТВО

про перевірку робочого засобу вимірності геленки

№ 201111

Чинне до жовтня 2018 р.

**Термомітрометр Testo 435-4,
№ 02213516/111, завод №10246634/111**

Бренд: Testo GmbH, Німеччина.
вип. Інститут технічної теплофізики НАНУ.

На підставі результатів перевірки засіб вимірності технічно
допускається до застосування вказаною в актуальній
технічній документації.

Граничні допустимі абсолютні похибки при вимірюванні
температури – ± 2 °С.

Граничні допустимі абсолютні похибки при вимірюванні
температури – ± 0,5 °С.

акт за Остор.

акт за Остор

Закон України № 2011/11
Державне підприємство
«Всеукраїнський державний науково-виробничий
центр стандартизації, метрології, сертифікації
та захисту прав споживачів»
ДП «Укрметртестстандарт»
Підприємство № 10246634/111



О.О. Медведєв
керівник

26 жовтня 2018 р.



МІНЕКОНОПРОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Державне підприємство
«Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації,
метрології, сертифікації та захисту прав споживачів»
(ДП «Укрметртестстандарт»)
в. вул. Метрологічна, 4 Свідоцтво про утворення МСК 001-2004 від 22 лютого 2004 р.

СВІДОЦТВО

про перевірку робочого засобу вимірності термомітрометра

№ 2011/111111

Чинне до 29.10.2018 р.

Термомітрометр Testo 435-4

№ 02213516/111

вип. Інститут технічної теплофізики НАНУ

на підставі результатів перевірки засіб вимірності технічно
допускається до застосування вказаною в актуальній
технічній документації.

Граничні допустимі абсолютні похибки при вимірюванні
температури – ± 0,1 ± 0,004 °С.

Граничні допустимі абсолютні похибки при вимірюванні
температури – ± 0,1 ± 0,004 °С.

акт за Остор.

акт за Остор

Закон України № 2011/111111

Державне підприємство
«Всеукраїнський державний науково-виробничий
центр стандартизації, метрології, сертифікації
та захисту прав споживачів»
ДП «Укрметртестстандарт»
Підприємство № 10246634/111

акт за Остор.

акт за Остор

Закон України № 2011/111111

Державне підприємство
«Всеукраїнський державний науково-виробничий
центр стандартизації, метрології, сертифікації
та захисту прав споживачів»
ДП «Укрметртестстандарт»
Підприємство № 10246634/111

акт за Остор.

акт за Остор

Закон України № 2011/111111



МІНЕКОНОПРОЗВИТКУ УКРАЇНИ
Державне підприємство
«Всеукраїнський державний науково-виробничий
центр стандартизації, метрології, сертифікації
та захисту прав споживачів»
(ДП «Укрметртестстандарт»)
в. вул. Метрологічна, 4, м. Київ, К-9, 03143
Свідоцтво про утворення МСК 001-2004 від 24 лютого 2004 р.

СВІДОЦТВО

про перевірку законності результату вимірювання засобу вимірності термомітрометра

№ 12-02-1903

Чинне до 15.12.2017

Цілість та умовні позначення: Газовий термомітрометр

Зав. № КД 911

Виробник: фірма (ІТ) Метротек С.С.С.Р., Німеччина

За результатами перевірки встановлено, що засіб вимірності

технічно (ДП - ЗВТ) відповідає вимогам: Експлуатаційній документації

Метротек термомітр 12-02-05

Додаток до акту за Остор

Персонал, який виконав
роботу з повернення

Місце відбитка
шматочком паперу



15.12.2016

Додаток № 4. Протокол якості газу

Визначено:
 хіміко-аналітична лабораторія
 Свидчення про акредитацію № 033/14
 дійсне до 12 березня 2019 р.



"ЗАТВЕРДЖУЮ"
 Начальник
 Бердичівського ЛВУ МГ
 В.В.Лохман
 17 липня 2018 р.

ПРОТОКОЛ ЯКОСТІ ГАЗУ Бердичівського ЛВУ МГ

- 1. Місце відбору: МГПР маршрут №3**
Для споживачів: ПАТ "Житомиргаз" (ГРС Житомир, Гулява, Сінгуря, Озеранка, Глибочка, Василівка, Висока Піч, Гриньків, Рея, Бердичів, Салки, Чулів, Великі Коронівці, Галійка, Іванотів, Любар, Нова Чорторія, Липно, Романів, Миропіль, Врублівка, Попільня, Андрушків, Червоноє, Андрушівка, Стара Котельня, Вчорайшє, Баранівка, Довбиш, Каленний Брід, Перемогорівська, Бабичівка), ПАТ "Хмельницькгаз" (ГРС Нова Чорторія (Прислuch), Подолське), ПАТ "Вінницькгаз" (ГРС Сміла Подорожжє, Вінниця Північна, Вінниця Південна, Вінниця Східна, Губань, Ластівка, Хмільник, Сальники, Калнівська, Корделівка, Люпичів, Ралівка, Хомутиничі, Сальники, Козятин, Глухівці, Перемогора, Турбів, Дружба, Відвішів, Махнівська), ПАТ "Коростиньгаз" (ГРС Коростинь, Студеницька).
Прямі споживачі: ТОВ ТЕК "Тера Україна", РВУ "Київгазгаз", ТОВ "Альтарф", ВРП "Україненергодорвіс", ТОВ "Сігнет-Центр", ТОВ "Газостандарти", ТОВ "ЕКОГАЗ ЕНЕРДЖ", ТОВ "Еко Сфера", ТОВ "УКРАФЛОРА-ВІННИЦЯ".
- 2. Дата відбору:** 16 липня 2018 р. **3. Акт відбору:** № 2018/148
- 4. Умови відбору проби:** $P = 31,8 \text{ кг/см}^2$ $t = 13,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- 5. Дата проведення вимірювання:** 17 липня 2018 р.
- 6. Тип хроматографа:** "Хромос ГХ-1000", завод № 1723 повернений до: 16 квітня 2019 р.
- 7. Компонентний склад газу:**

№ відбору	Насичені вуглеводні									Інші гази		
	метан	етан	пропан	ізо-бутан	н-бутан	ізо-пентан	н-пентан	гексани + вищі	азот	діоксид вуглецю	кисень	
Мол. %	89,4017	5,1623	1,2312	0,2092	0,1368	0,0505	0,0496	0,0037	0,1113	1,6632	1,9771	0,0035
8	Відносна густина									0,6278		
9	Густина газу абсолютна									0,7561 кг/м ³		
10	Теплота згорання (нижча)									8293 ккал/м ³		
11	Теплота згорання (нижча)									34,72 МДж/м ³		
12	Теплота згорання (нижча)									9,65 кВт*год/м ³		
13	Теплота згорання (вища)									9180 ккал/м ³		
14	Теплота згорання (вища)									38,43 МДж/м ³		
15	Теплота згорання (вища)									10,68 кВт*год/м ³		
16	Число Воббе (нише)									11586 ккал/м ³		
17	Число Воббе (нише)									48,51 МДж/м ³		
18	Число Воббе (нише)									13,47 кВт*год/м ³		
19	Температура точки роси води за робочих умов									-6,5 °C		
20	Температура точки роси води, приведена до тиску 3,92 Мпа									-4,5 °C		
21	Температура газу при проведенні вимірювання точки роси води									13,8 °C		
22	Температура точки роси вуглеводнів									-1,1 °C		
23	Вміст етанолю (за умов роботи в день проведення хроматографії)									менше 0,006 г/м ³		
24	Вміст меркаптанів (за умов роботи в день проведення хроматографії)									менше 0,02 г/м ³		
25	Вміст метричного домішок (за умов роботи в день проведення хроматографії)									менше 0,051 г/м ³		

МВУ 95-03-2011 (МБ33049/05-2012) Метрологія, ПРИРОДНИЙ ГАЗ Методика високоточного вимірювання компонентного складу із використанням хроматографії (ГХ-1000) та обчислення густини, теплоти згорання і числа Воббе; ДСТУ ISO 6974:2007 Аналіз природного газу; ДСТУ ISO 6976:2009 Природний газ Обчислення теплоти згорання, густини, відносно густини і числа Воббе на основі аналітичних даних (метод); розрахункова програма - Report (версія 10.1)

Завідувач ВХАЛ

(підпис)

О.М.Савченко