

Testo  
Практичні рекомендації

Be sure. **testo**



**Проведення вимірювань  
на системах обігріву  
ефективно та безпечно.**

[www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)

## Зміст

<b>1. Функціональні випробовування та тестування систем, що працюють на газі</b>	<b>3</b>
1.1. Перевірка тиску газу	3
1.2. Налаштування співвідношення газ-повітря	4
1.3. Підготовка газоаналізатору до вимірювань	6
1.4. Визначення втрати тепла з димовими газами	6
1.5. Розрахунок ККД ( $\eta$ )	9
1.6. Вимірювання тяги в димоході	10
1.7. Вимірювання концентрації CO	10
1.8. Перевірка каналу димових газів	11
1.9. Обслуговування газоаналізатору	11
<b>2. Додаткові перевірки систем</b>	<b>12</b>
2.1. Перевірка концентрацій NO <sub>x</sub>	12
2.2. Вимірювання концентрації CO в повітрі	12
<b>3. Функціональні випробовування та тестування систем, що працюють на мазуті</b>	<b>13</b>
3.1. Вимірювання кількості диму	13
3.2. Налаштування пальників	14

## Функціональне тестування та налаштування систем, що працюють на газі

Надалі описані основні етапи та поради для функціональної перевірки та налаштування атмосферних і конденсаційних газових котлів при введенні їх в експлуатацію. Проспект не

включає опис дій, що проводяться на газових пальниках з примусовою тягою.

### 1. Перевірка тиску газу

Перед введенням котла в експлуатацію необхідно перевірити тиск газу після редуктора. Він повинен бути в межах допустимого діапазону тиску, згідно з документацією виробника (у випадку природного газу це, як правило, від 18 до 25 мбар). Якщо це не так, газовий котел не може бути введений в експлуатацію і про це потрібно повідомити відповідальну газопостачальну компанію, щоб усунути проблему.

Манометр підключається до штуцера газового котла для вимірювання тиску в газовому тракті при закритому клапані газу. Коли газовий клапан відкрито і пальник працює на повну потужність через робоче меню, то тиск, що вимірює манометр дорівнює тиску потоку газу. Після того, як тиск підключення газу дорівнює нормативним значенням, вимірювальне з'єднання знову закривається і продовжується введення котла в експлуатацію.



Налаштування котла з газоаналізатором testo 300



Вимірювання тиску газу з дифманометром testo 510

## Наслідки неправильного тиску газу

## Тиск газу занадто високий

- Згасання полум'я
- Неповне згоряння газу
- небезпечно високі концентрації CO (ризик отруєння)
- Високе споживання газу

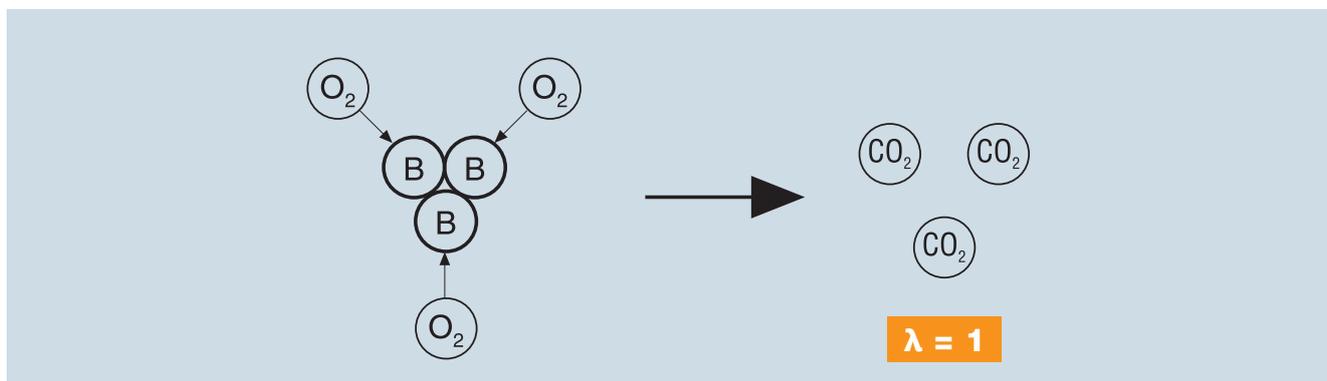
## Тиск газу занадто низький

- Згасання полум'я
- Високі втрати тепла з димовими газами
- Високий вміст  $O_2$
- Низький вміст  $CO_2$

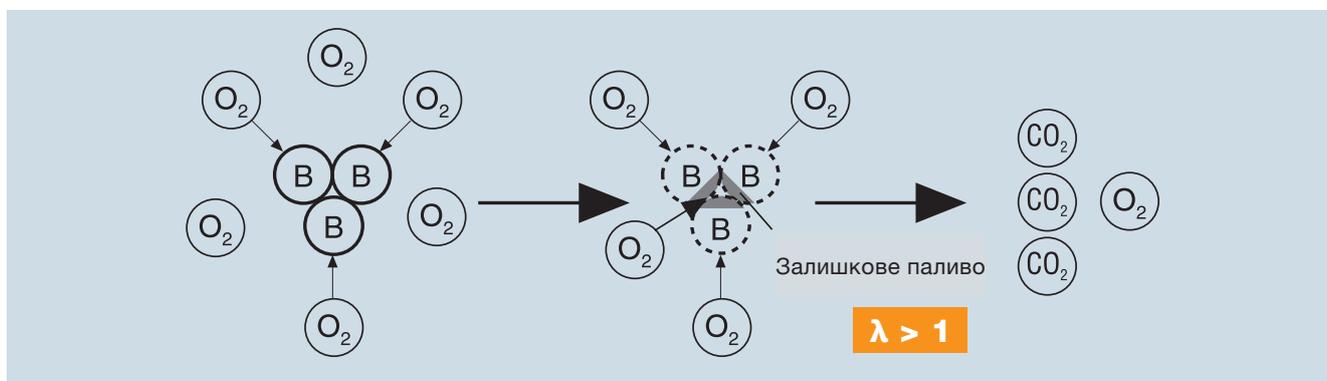
## 2. Встановлення співвідношення газ-повітря

Метою екологічної та ефективної роботи системи є повне згоряння палива. Налаштування обсягу повітря для згоряння - важливий параметр для оптимальної роботи. На практиці невелика надлишкова кількість повітря виявилася ідеальною для роботи системи. Для горіння

подається трохи більше повітря, ніж теоретично потрібно. Відношення надлишкового повітря для горіння до теоретичної потреби в повітрі називається співвідношенням паливо-повітря  $\lambda$  (лямбда). Наведена нижче модель горіння це ілюструє:



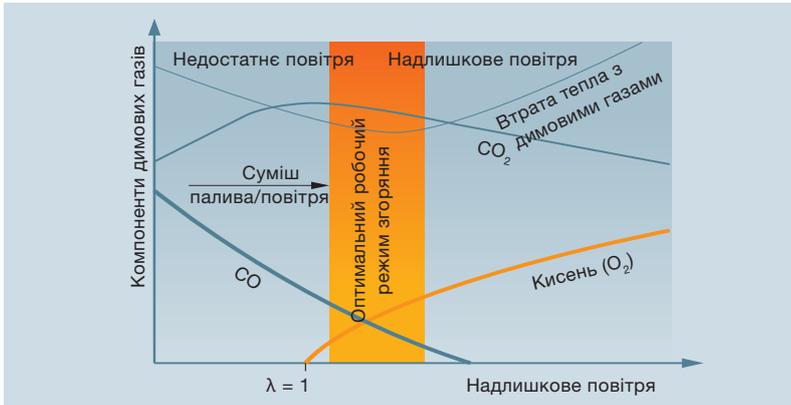
Ідеальний процес горіння



Реальний процес горіння

Співвідношення паливо-повітря визначається виходячи з концентрацій CO, CO<sub>2</sub> та O<sub>2</sub>. Діаграма згоряння, що наведена нижче, показує кореляції параметрів. Під час горіння будь-яка концентрація CO<sub>2</sub> має вміст CO (за недостатнього повітря,  $\lambda < 1$ ) або вміст O<sub>2</sub> (при надлишку повітря,  $\lambda > 1$ ). Значення CO<sub>2</sub> не є визначальним саме по

собі, оскільки воно перевищує максимум, тому необхідно додатково вимірювати концентрації CO або O<sub>2</sub>. При роботі системи з надлишком повітря (звичайні умови) важливим є визначення концентрації O<sub>2</sub>. Кожне паливо має індивідуальну діаграму та значення CO<sub>2,max</sub>.



Діаграма показує, що втрати димових газів збільшуються при певній нестачі або надлишку повітря. Це пояснюється наступним:

1. При недостатній кількості повітря наявне паливо спалюється не повністю і не перетворюється в тепло.
2. При надлишку повітря надто багато кисню нагрівається і направляється безпосередньо через димохід на відкрите повітря, не використовуючись для виробництва тепла.

У неконденсаційних котлах співвідношення газ / повітря встановлюється методом манометрії, тобто тиск в соплі встановлюється для мінімального та максимального виходу. Для цього ущільнювальний гвинт знімають із вимірювального з'єднання тиску сопла та підключеного до нього манометра. Газовий котел спочатку повністю навантажується, а потім навантаження знижується до мінімуму через робоче меню. Для обох рівнів навантажень тиск сопла змінюється через регульовальні гвинти на газовій арматурі та контролюється манометром. Інформацію про необхідний тиск сопла можна знайти в документації виробника. У випадку конденсаційних котлів співвідношення газ/повітря встановлюється вимірюванням вмісту вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) у димових газах.

Підготуйте газоаналізатор, як описано у третьому етапі (ст. 6), далі помістіть газозабірний зонд у повітропровід димових газів. Потім доведіть котел до максимальної потужності за допомогою робочого меню і виміряйте вміст CO<sub>2</sub> у димових газах. Для налаштування співвідношення газ/повітря об'єм газу змінюється за допомогою регульовального гвинта (газовий дросель) до тих пір, поки значення CO<sub>2</sub> у димових газах не стане відповідати специфікації виробника. У деяких випадках виробники також задають значення мінімальної потужності обладнання. Виконайте налаштування відповідно до процедури максимальної потужності. Після того, як ці основні налаштування виконані, налаштований газовий котел необхідно перевірити. Це включає вимірювання втрати тепла з димовими газами (qA) та вмісту оксиду вуглецю (CO) у димових газах.

Тиск сопла (мбар)		Теплова потужність (кВт)			
		11	13	15	17
Теплотворна здатність (кВт·год/м <sup>3</sup> )	12...16,1	6	8,4	11,2	14,5
	10...13,1	4,8	6,9	8,7	11,3

Приклади значень тиску сопла

Тип газу	CO <sub>2</sub> при максимальній тепловій потужності	CO <sub>2</sub> при мінімальній тепловій потужності
Природний газ E (H)	9,5%	8,7%
Природний газ LL (L)	9,2%	8,6%

Приклади значень налаштувань CO<sub>2</sub>

### 3. Підготовка газоаналізатору до вимірювань

- Встановлення рівня захисту датчика: порогові значення визначаються для захисту сенсорів від перевантаження в разі високих концентрацій CO. При перевищенні порогових значень, насос вимикається і димовий газ більше не надходить у газоаналізатор. У деяких вимірювальних приладах (testo 300\* і testo 330i) димовий газ розбавляється свіжим повітрям при перевищенні порогового значення, завдяки чому вимірювання не переривається.
- Тест на герметичність: щоб запобігти потраплянню свіжого повітря в аналізатор, яке спотворить результати вимірювань, перед вимірюваннями необхідно проводити випробування на герметичність. При цьому газозабірний зонд закривається ковпачком, щоб втрата на вимірювальному газовому насосі через певний час вийшла на нуль. Якщо цього не відбулося, то прилад не герметичний, і ви повинні перевірити, чи правильно ущільнена пробка на конденсатозбірнику.
- Обнулення газових сенсорів: для цього газозабірний зонд повинен розташовуватися поза каналом димових газів, в ідеалі - на свіжому повітрі. Вимірювальний прилад втягує навколишнє повітря за допомогою газозабірної трубки і продуває сенсори газу. Отже, вимірювана концентрація газу встановлюється як «нульова точка». У той же час датчик тиску аналізатора димових газів обнуляється до тиску повітря навколо котла. Для деяких аналізаторів, таких як testo 300\*\* або testo 330i, зонд можна розташовуватися в каналі димових газів під час обнулення.

### 4. Визначення втрат тепла з димовими газами

Втрата тепла з димовими газами - це різниця між вмістом тепла в димовому газі та вмістом тепла в повітрі для горіння, по відношенню до чистої теплотворної здатності палива. Отже, це показник вмісту тепла в димових газах, що відводяться через димохід. Чим більше втрати тепла з димовими газами, тим менша ефективність, а отже, більші енерговтрати та вищі викиди системи опалення.

З цієї причини в деяких країнах допустимі втрати тепла з димовими газами із котельних установок обмежені. Визначивши вміст кисню та різницю між температурою димових газів та повітря для горіння, втрати тепла з димовими газами можна обчислити, використовуючи коефіцієнти, характерні для палива. Коефіцієнти для палива (A2, B) зберігаються в пам'яті газоаналізатора. Вибір палива у вимірювальному приладі необхідний для використання правильних значень коефіцієнтів A2 та B. Замість вмісту кисню для розрахунку може також використовуватися концентрація вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>). Температуру димових газів (ТГ) та вміст кисню або вміст діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) необхідно вимірювати одночасно під час вимірювання в одній точці. Температуру повітря для горіння також слід вимірювати одночасно.

Пошук ідеальних параметрів для налаштування системи опалення шляхом обчислення втрат димових газів окупається наступним чином:

- 1% втрати тепла з димовими газами = збільшення споживання палива на 1%
  - Енергетичні втрати за рік = втрати тепла з димовими газами x споживання палива за рік
- Для розрахункової втрати тепла з димовими газами 10% та річного споживання мазуту в 3000 л втрати енергії приблизно відповідають 300 л/рік мазуту.

Незвично велика втрата тепла з димовими газами може бути спричинена наступним:

- Неправильно виконане обнулення газоаналізатора
- Неправильні налаштування палива

Раптовий спад температури димових газів може бути викликаний наступним:

- Наявність конденсату на термопарі
- Засіб усунення: газозабірний зонд встановити горизонтально або спрямувати вгору, щоб конденсат міг стікати.

\* Тільки для модифікацій testo 300 з функцією „розбавлення“

\*\* Тільки для модифікацій testo 300 з функцією „Обнулення у газохіді“

**Розрахунок втрати тепла з димовими газами (qA)**

$$qA = \left[ (TГ - TВ) \left[ \frac{A2}{(21 - O_2)} + B \right] \right] - XК$$

TГ: температура димових газів

TВ: температура повітря, що поступає на горіння

A2/B: коефіцієнти для палива (див. таблицю нижче)

21: вміст кисню в повітрі

O<sub>2</sub>: вимірне значення O<sub>2</sub> (округляється до цілого числа)

XК: коефіцієнт, що виражає втрату тепла з димовими газами qA, як мінусове значення, коли не досягається точка роси. Необхідний для вимірювання на конденсаційних котлах. Якщо температура точки роси буде досягнута, значення XК = 0.

$$qA = fx \frac{(TГ - TВ)}{CO_2}$$

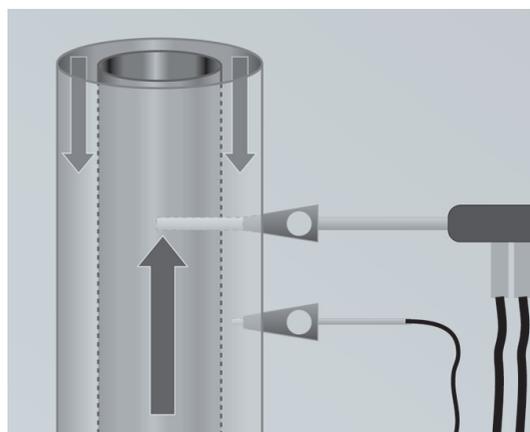
Формула Зігерта для розрахунку втрати тепла з димовими газами. Використовується коли коефіцієнти для палива A2 та B (див. таблицю нижче) дорівнюють нулю.

**Таблиця коефіцієнтів для палива**

Тип палива	A2	B	f	CO <sub>2max</sub>
Мазут	0,68	0,007	–	15,4
Природний газ	0,65	0,009	–	11,9
Зріджений газ	0,63	0,008	–	13,9
Кокс, вугілля	–	–	0,74	20
Брикети	–	–	0,75	19,3
Деревина (лігніт)	–	–	0,90	19,2
Тверде вугілля	–	–	0,60	18,5
Коксовий газ	0,6	0,011	–	–
Міський газ	0,63	0,011	–	11,6
Тестовий газ	–	–	–	13

**Температура повітря для горіння (TВ)**

Більшість газоаналізаторів оснащені вбудованим датчиком температури. Тому температуру повітря для горіння в безпосередній близькості від точки впуску пального можна виміряти, приєднавши газоаналізатор до корпусу пального. Для збалансованих котельних систем цей зонд замінюється окремим температурним зондом, який вставляється у повітропровід свіжого повітря для згорання.



Вимірювання на збалансованих котельних системах

### Температура димових газів (ТГ)

Термопара в газозабірному зонді вимірює температуру димових газів. Газозабірний зонд вводиться через вимірювальний отвір у повітропровід димових газів (відстань між вимірювальним отвором та котлом має бути не менше ніж два діаметра каналу димових газів). Точки з найвищою температурою димових газів (тобто центр потоку) шукають шляхом вимірювання максимальної температури і там розміщують зонд. Центр потоку там, де температура та концентрація вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) є найвищими, а вміст кисню (O<sub>2</sub>) - найнижчим.

### Концентрація O<sub>2</sub>

Кисень, який залишився при спалюванні внаслідок надлишку повітря, виділяється як газоподібний компонент димових газів і є показником ефективності горіння. Димовий газ затягується через газозабірний зонд за допомогою насоса і направляється в газовий тракт газоаналізатора. Там він спрямовується через сенсор O<sub>2</sub> для визначення концентрації газу. Вміст O<sub>2</sub> використовується, як основа для обчислення концентрації CO<sub>2</sub> в димових газах, яка використовується для встановлення конденсаційних котлів, що працюють на газі, як описано вище.

### Концентрація CO<sub>2</sub>

Замість вмісту кисню, як було зазначено раніше, концентрацію CO<sub>2</sub> також можна використовувати для обчислення втрати тепла з димовими газами. Якщо частка CO<sub>2</sub> максимально висока при малому надлишку повітря (повне згоряння), то втрати тепла з димовими газами є найменшими. Для кожного палива існує максимально можливий вміст CO<sub>2</sub> у димових газах (CO<sub>2max</sub>), який визначається хімічним складом палива. Однак, цього значення неможливо досягти на практиці, оскільки для безпечної роботи пальника завжди потрібна певна кількість надлишкового повітря, а це зменшує відсоток

CO<sub>2</sub> в димових газах. Тому при налаштуванні пальника, основна мета - це не максимально можливий вміст

Значення CO<sub>2max</sub> для різного палива:

- Мазут 15,4% CO<sub>2</sub>
- Природний газ 11,8% CO<sub>2</sub>
- Вугілля 1,5% CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>, а максимально високий вміст CO<sub>2</sub>. У документації виробника ви знайдете інформацію про концентрації CO<sub>2</sub>, які можна досягти, і про зміни, які необхідно внести в налаштуваннях обсягу повітря для досягнення цих значень. Більшість газоаналізаторів не містять датчик CO<sub>2</sub>, але вони розраховують концентрацію CO<sub>2</sub> за допомогою вимірюваного вмісту O<sub>2</sub>. Це можливо, оскільки обидва значення прямо пропорційні одне одному. Максимальний вміст CO<sub>2</sub> у відповідному паливі вже включено до цього розрахунку, перед кожним вимірюванням необхідно подавати обране паливо в аналізатор димових газів.

## 5. Розрахунок ККД ( $\eta$ )

### Для звичайних систем опалення

ККД ( $\eta$ ) звичайної системи опалення обчислюється шляхом обчислення втрати тепла з димовими газами ( $q_A$ ) від загальної енергії, що подається (чиста теплотворна здатність  $H_U = 100\%$  енергії, що подається).

### Для конденсаційних котлів

Оскільки в сучасних системах конденсації теплота конденсації рекуперується, для правильного розрахунку компанія testo ввела додатковий коефіцієнт ХК, який враховує використання тепла конденсації по відношенню до чистої теплотворної здатності. Коли димові гази охолоджують нижче температури точки роси, теоретичне значення якої для специфічного палива зберігається в газоаналізаторі testo. Коефіцієнт ХК вказує відведене тепло випаровування конденсованої води як негативне значення, завдяки чому втрата тепла з димовими газами

може зменшитися або стати негативною. Ефективність по відношенню до чистої теплотворної здатності може мати значення понад 100%.

### Приклад:

$A_2 = 0,68$

$V = 0,007$

$T_T = 45^\circ\text{C}$

$T_B = 30^\circ\text{C}$

$O_2 = 3\%$

$XK = 5,47\%$

$q_A$  (без коефіцієнта ХК) = 1%

$q_A$  (з коефіцієнтом ХК) = -5%

$\eta = 100\% - (-5\%)$

Наведений нижче графік ілюструє, чому ефективність конденсаційних систем може бути більше 100%.



Втрати енергії в низькотемпературних і конденсаційних котлах

Після повної подачі палива виробляються тепло і водяна пара.

- Якщо теплота використана повністю, виходить 100% чистої теплотворної здатності  $H_U$ .
- Якщо додати енергію, що міститься у водяній парі (тепло конденсації), отримують валову теплотворну здатність  $H_S$ .
- Загальна валова теплотворна здатність  $H_S$  завжди вище, ніж чиста теплотворна здатність  $H_U$ .
- Чиста теплотворна здатність  $H_U$  завжди береться за основу при розрахунку ефективності.
- Однак конденсаційні котли використовують додатково до чистої теплотворної здатності енергію конденсації. Тому, з точки зору розрахунку, ефективність може бути більше 100%.

## 6. Вимірювання тяги в димоході

Для котлів із природною тягою димовідвід є основною вимогою для відведення димових газів. Щільність гарячих димових газів нижча ніж холодне повітря ззовні, тому у димоході створюється тяга димових газів. Внаслідок цього, повітря для горіння втягується всередину, додаючи тягу котла та димоходу. Для котлів під тиском, тиск в димоході можна не враховувати, оскільки палиник з примусовою тягою створює необхідний надлишковий тиск для відведення димових газів. В таких системах можна зробити менший діаметр димоходу. При вимірюванні тяги в димоході визначається різниця між тиском всередині каналу димових газів і тиском в приміщенні, де встановлено обладнання. Подібно до визначення втрати тепла з димовими газами, вимірювання проводиться в центрі потоку димових газів. Як описано вище, датчик тиску газоаналізатора необхідно обнулити перед початком вимірювань.

### Приклади значень тяги в димоході:

Котел під тиском з палиником з примусовою тягою + валовий теплотворний показник: 0,12 до 0,20 мбар надлишкового тиску. Палиник на мазуті та атмосферний котел на газу: від 0,03 до 0,10 мбар надлишкового тиску.

Занадто низькі значення тяги в димоході можуть бути спричинені:

- Негерметичність тракту тяги в газоаналізаторі
- Неправильне обнулення сенсору тиску.

Занадто високі значення тяги в димоході можуть бути спричинені:

- Тяга в димоході занадто сильна
- Неправильне обнулення сенсору тиску.

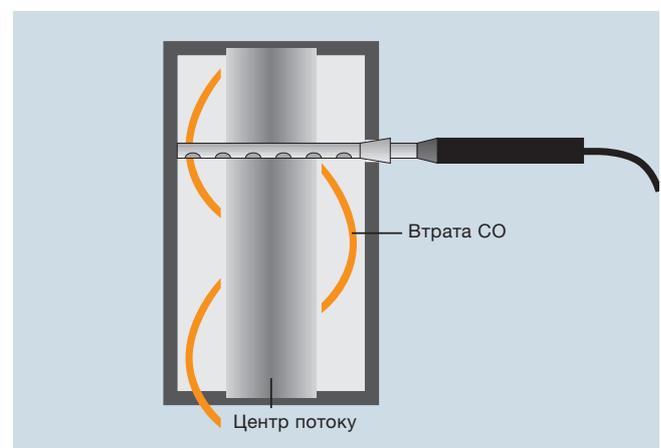
## 7. Вимірювання концентрації CO

Перевірка концентрації CO дозволяє зробити висновки щодо якості згоряння та забезпечує роботу оператора системи. Якщо канали димових газів заблоковані, то димові гази надходять у котельню через систему контролю потоку у випадку атмосферних котлів на газу, спричиняючи небезпеку для здоров'я оператора. Для недопущення цього, після завершення робіт з

налаштування котла необхідно виміряти концентрацію оксиду вуглецю (CO) та перевірити канали димових газів. Цей запобіжний захід не потрібен для газових пальників з повітродувкою, оскільки димові гази в цих пальниках вводяться в димохід.

Вимірювання не слід проводити до тих пір, поки газовий палиник не буде працювати щонайменше 2 хвилини, щоб підвищений вміст CO під час запуску системи впав до нормального робочого значення. Це стосується також газових котлів з регулюванням горіння, оскільки вони калібруються під час запуску палиника, коли за короткий час можуть виникати дуже високі викиди CO. Подібно до визначення втрати тепла з димовими газами, вимірювання проводиться в центрі потоку димових газів. Оскільки димовий газ розбавляється свіжим повітрям, вміст CO необхідно обчислити у нерозбавленому димовому газі (вміст CO змінюється після додавання повітря). Для цього газоаналізатор обчислює нерозбавлену концентрацію CO з вмістом кисню, виміряним одночасно в каналі димових газів, і відображає це як нерозведену концентрацію CO.

Для атмосферних систем на газі концентрація CO в трубі димових газів неоднорівномірна (стратифікація). Отже, відбір проб повинен проводитися при концентрації >500 ppm, використовуючи зонд з декількома отворами (наприклад, зонд testo з номером замовлення 0632 1260). Зонд з багатьма отворами, фіксує концентрацію CO по всьому діаметру труби зонду.



Вимірювання концентрації CO зондом з багатьма отворами

## 8. Перевірка каналу димових газів

### Перевірка контролю потоку:

Для атмосферних газових котлів з контролем потоку, безперебійне відведення димових газів є необхідною умовою безпечної роботи системи. Для контролю цього можна використовувати індикатор зворотного тиску. Він розміщується поруч з контролем потоку, де виявляє вологу, що міститься в димових газах.

Причини зворотного тиску:

- Звуження труби димових газів через бруд або деформації
- Недостатня подача повітря для горіння
- Зношення матеріалу ущільнень, розсунення трубопроводів один від одного, корозія

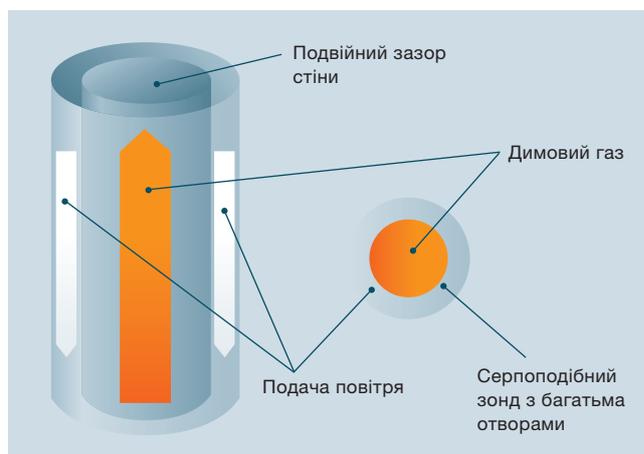


Використання детектору димових газів testo 317-1

### Тест на герметичність каналів димових газів:

У збалансованих системах нагріву, канали димових газів перевіряють на герметичність шляхом вимірювання рівня  $O_2$  поданого повітря у подвійному зазорі стіни. Концентрація  $O_2$  у повітря, що подається, при зазорі подвійної стінки зазвичай становить 21%. Вимірне значення нижче 20,5% свідчить про протікання у внутрішньому каналі димових газів, відповідно систему необхідно перевірити.

Зонд testo у формі серпа з багатьма отворами (номер замовлення 0632 1260) сприяє точному та швидкому вимірюванню вмісту  $O_2$  в зазорі подвійної стінки. Звичайний метод випробування на герметичність в трубі димових газів шляхом перевірки тиску в даний час застосовується лише в димоходах. Детектор витоків газу testo 317-1 (номер замовлення: 0632 3170) забезпечує швидке та надійне виявлення витоків на каналах димових газів.



Вимірювання  $O_2$  в подвійному зазорі стіни серпоподібним зондом з багатьма отворами

## 9. Обслуговування газоаналізатору

Після проведення вимірювань газозабірний зонд необхідно вийняти з каналу димових газів під час роботи газового насоса. В результаті чисте повітря продувається через газові сенсори, очищуючи їх від залишків димових газів.

## Додаткові перевірки систем

### Перевірка концентрації NO<sub>x</sub>

Ви можете перевірити ефективність заходів спалювання, необхідних для зменшення викидів оксиду азоту з установок згоряння, вимірюючи оксиди азоту. Оксиди азоту (NO<sub>x</sub>) - це сума оксиду азоту (NO) та діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>). Співвідношення NO і NO<sub>2</sub> у малих системах згоряння (крім конденсаційних систем) завжди однакове (97% NO, 3% NO<sub>2</sub>). Тому оксиди азоту NO<sub>x</sub> зазвичай розраховуються після вимірювання оксиду азоту NO. Якщо потрібні точні вимірювання NO<sub>x</sub>, вміст оксиду азоту (NO) та вмісту діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) потрібно виміряти окремо, а потім поєднати. Це стосується конденсаційних котлів або котлів, що використовують змішаний вид палива, оскільки співвідношення для них не буде становити 97% NO та 3% NO<sub>2</sub>.

Через хорошу розчинність у воді діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>), його необхідно вимірювати у сухому димовому газі для точного визначення концентрації, інакше частина NO<sub>2</sub>, розчинена у конденсаті, не буде враховуватися. Тому при вимірюванні діоксиду азоту попередньо проводять осушування димових газів.

- Під час вимірювання поблизу електростатичного фільтра газозабірний зонд повинен бути заземлений через виникнення статичного заряду.
- Якщо очікуються великий вміст твердих часток і сажі в димових газах, слід використовувати нові сухі фільтри. Також рекомендується використовувати попередній фільтр.

### Вимірювання концентрації CO в повітрі

З міркувань безпеки, при обслуговуванні газових нагрівачів, встановлених у житлових приміщеннях, окрім вимірювання концентрації димових газів слід також визначати концентрацію CO в повітрі. Зворотня тяга димових газів може призвести до появи високих

концентрацій CO і спричинити ризик отруєння оператора. Концентрація CO 0,16 об.% (1600 ppm) і вище у повітрі призведе до смерті людини.

Це вимірювання завжди слід проводити перед усіма іншими вимірюваннями.

Концентрація CO в повітрі		Час вдихання та наслідки
30 ppm	0,003%	Максимальна концентрація на робочому місці впродовж 8-годинного робочого дня
200 ppm 400 ppm	0,02% 0,04%	Легкий головний біль протягом 2-3 годин. Головний біль в області чола протягом 1-2 годин, поширюється на всю область голови впродовж 2-3 годин
800 ppm	0,08%	Запаморочення, нудота і посмикування кінцівок протягом 45 хвилин, втрата свідомості протягом 2 годин
1600 ppm	0,16%	Головний біль, нудота та запаморочення протягом 20 хвилин, <b>смерть</b> протягом 2 годин
3200 ppm	0,32%	Головний біль, нудота та запаморочення протягом 5-10 хвилин, <b>смерть</b> протягом 30 хвилин
6400 ppm	0,64%	Головний біль і запаморочення протягом 1-2 хвилин, <b>смерть</b> протягом 10-15 хвилин
12800 ppm	1,28%	<b>Смерть</b> протягом 1-3 хвилин

## Функціональні випробування та налаштування систем, що працюють на мазуті

Далі описані основні етапи та поради для функціональної перевірки та налаштування неконденсаційних котлів при введенні їх в експлуатацію. Ми говоримо про низькотемпературні котли з пальниками на мазуті.

### 1. Вимірювання сажового числа

Прилад для вимірювання сажового числа вставляється в димохід з встановленим фільтрувальним папером, а димовий газ відбирається десятьма рівними порціями. Потім фільтр знімають і досліджують на наявність масляних залишків. Якщо фільтр знебарвлюється через нафтові залишки або стає вологим через накопичення конденсату, вимірювання необхідно повторити.

Для визначення сажового числа, згідно чинних стандартів, необхідно провести три окремих вимірювання. Почорніння на фільтрувальному папері порівнюється зі шкалою Бахараха. Кінцеве значення визначається шляхом обчислення середнього значення з окремих вимірювань. Метою є досягнення мінімального сажового числа.

У нових системах слід спочатку проводити вимірювання сажового числа, щоб не було зайвого забруднення аналізаторів будь-якими залишками горіння (сажа та похідні нафти). У разі високої кількості сажі, перш ніж оптимізувати налаштування котла за допомогою газоаналізатора, слід перевірити та внести зміни в налаштування мазутного пальника. Наступний крок пояснює цю процедуру.

## 2. Налаштування мазутного пальника

Під час введення в експлуатацію та обслуговування мазутних пальників необхідно встановити та перевірити ключові параметри. Основні кроки для виконання цього детально описані в документації виробника.

### **Вибір правильного сопла:**

У таблиці вибору сопла використовуйте необхідний вихід пальника, щоб обрати правильне сопло та тиск масла, який потрібно встановити.

### **Базові налаштування вмісту повітря:**

Документація виробника містить інформацію про базові параметри необхідного обсягу повітря для пальника. Там вказані значення для встановлення повітряного клапана та пластини отворів, залежно від необхідної теплової потужності печі.

### **Основні налаштування мазутного насоса (тиск насоса):**

Тиск насоса вже визначено за допомогою необхідного виходу пальника та вибору сопла в таблиці. На мазутний насос прикручується манометр для визначення тиску насоса. Тиск регулюється за допомогою регулювального гвинта. За допомогою вакуумного датчика, прикріпленого до масляного насоса, перевірте, щоб вакуум у всмоктувальній трубі не перевищував 0,4 бар.

### **Оптимізація та управління процесом горіння:**

Оптимізація горіння, як правило, проводиться шляхом зміни об'єму повітря на клапані (грубе налаштування) або пластини отвору (точне налаштування). Занадто мала кількість повітря для горіння запобігає повному згорянню, а отже, повному використанню палива та призводить до накопичення сажі. Занадто багато повітря для горіння призводить до нагрівання надлишкового повітря в камері згорання та розсіювання тепла через димохід. Залежно від виробника, надаються значення CO<sub>2</sub> або CO, надлишку повітря / втрати тепла та ККД для оптимізації згорання. Ці значення визначаються за допомогою аналізатора димових газів.

#### **У пальнику із полум'ям жовтого кольору**

мазут розпорошується через форсунку, а газифікація нафти відбувається всередині полум'я. Під час горіння видно жовтуватий вогонь.

#### **У пальнику із полум'ям голубого кольору**

гарячий димовий газ використовується для нагрівання атомізованої нафти до фактичного горіння, і, таким чином, газифікація нафти відбувається вгору від полум'я. При цьому утворюється голубе полум'я.

Be sure. **testo**



Ознайомтесь з останніми  
моделлями газоаналізаторів  
для котельного обладнання на  
[www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)

Питання змін без попередження, включаючи технічну модифікацію

Ексклюзивний дистриб'ютор Testo SE & Co. KGaA ТОВ  
«ЛІФОТ»  
вул. Ілленка, 83-д, оф. 403,  
Київ, 04119,  
(044) 501-40-10  
vodafone (095) 111-80-10  
lifecell (063) 888-46-95  
Київстар (097) 235-11-27  
[info@testo.kiev.ua](mailto:info@testo.kiev.ua)

[www.testo.kiev.ua](http://www.testo.kiev.ua)