

## 6. ANALIZA GAZÓW

### 6.1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

Celem analizy gazów jest określenie pełnego składu mieszaniny gazowej lub jednego z jej składników. W inżynierii sanitarnej analiza gazów znajduje zastosowanie przy określaniu składu paliw gazowych, spalin oraz zanieczyszczeń powietrza. Ze względu na potrzebę ciągłej kontroli procesu spalania największe zastosowanie ma analiza spalin. Na podstawie składu spalin można określić wartość współczynnika nadmiaru powietrza  $\lambda$ . Współczynnik ten określa stosunek powietrza dostarczanego w procesie spalania do ilości teoretycznie niezbędnej. Wartość współczynnika nadmiaru powietrza, przy spalaniu paliw zawierających bardzo mało azotu (np. węgiel, koks), można obliczyć za pomocą wzoru

$$\lambda = \frac{1}{1 - \frac{79}{21} \frac{[O_2] - 0,5[CO]}{[N_2]}}$$

gdzie:  $[O_2]$ ,  $[CO]$ ,  $[N_2]$  - udział objętościowy tlenu, tlenu węgla i azotu w spalinach suchych, %.

W zależności od dokładności pomiaru, metody określania składu spalin można podzielić na laboratoryjne i przemysłowe.

### 6.2. POBIERANIE SPALIN DO ANALIZY

Spaliny mogą być pobierane do analizy w sposób bezpośredni lub pośredni. Próbkę spalin może być pobierana w sposób ciągły lub wyrzykowo.

#### 6.2.1. BEZPOŚREDNI SPOSÓB POBIERANIA PRÓBEK

Spaliny muszą być poddane procesowi oczyszczania i osuszania przed doprowadzeniem ich do analizatora. Ponadto powinna istnieć możliwość regulowania przepływu spalin przez nadajnik tak, aby ich ilość była zgodna z wymaganiami przyrządu. Uniwersalny układ do pobierania i oczyszczania spalin pokaza-



jest zamknięty korkiem. Po odkręceniu korka możliwe jest okresowe czyszczenie rurki odbiorczej. Rurka skroplinowa 4 powinna być zanurzona w cieczy wypełniającej zbiornik skroplin 5. Podczas rozruchu należy zbiornik napełniać wstępnie wodą. Długość rurki skroplinowej powinna być większa od wysokości słupa cieczy (wody), który równoważy podciśnienie panujące w układzie. Długość ta wynosi przeważnie 500 do 800 mm. W czasie eksploatacji nadmiar skroplin ze zbiornika odprowadzany jest do kanalizacji. Zadaniem chłodnicy 7 jest obniżenie temperatury spalin poniżej temperatury otoczenia, dzięki czemu ulegają one osuszeniu. Istnieją dwa rodzaje chłodnic - termoelektryczne i wodne. Chłodnica termoelektryczna ochładza spaliny do ok.  $5^{\circ}\text{C}$ , a zaletą jej jest zasilanie jedynie napięciem  $\sim 220\text{ V}$ . Chłodnice wodne są tańsze, jednak wymagają doprowadzenia wody o temperaturze niższej co najmniej o  $5\text{ K}$  od temperatury otoczenia.

Przewód spalinowy pomiędzy sondą i chłodnicą powinien być ułożony bez zwisów ze spadkiem 1:15 w kierunku chłodnicy, co zapewnia swobodny spływ skroplin. Przed sprężarką 9 umieszczony jest dodatkowy filtr dokładny 8. Dopływ gazu do filtru znajduje się w obudowie, na zewnątrz wkładu ceramicznego, wpływ zaś ze środka filtru. Opisany kierunek przepływu zapewnia dłuższą pracę filtru i łatwą kontrolę stopnia zanieczyszczenia na drodze optycznej. Zadaniem sprężarki jest pokonanie oporów przepływu spalin w instalacji i podciśnienia, które najczęściej występuje w kanale spalinowym. W przewodach za sprężarką występuje nadciśnienie. Kurek trójdrogowy 10 umożliwia okresowe podłączenie analizatora kontrolnego (np. Orsata).

Rozdzielacz z filtrem ostrzegawczym 12 współpracuje z dyszą 13 i naczyniem stałej różnicy ciśnień 14. Zapewnia on, że przez nadajnik przyrządu przepływa stała (nominalna) ilość gazu. Nadmiar spalin trafia przewodem przelewowym bezpośrednio z rozdzielacza do najdłuższej rurki w naczyniu stałej różnicy ciśnień. Filtr ostrzegawczy zamontowany na rozdzielaczu 12 znajduje się w pobliżu nadajnika analizatora. Wnętrze jego wypełnia śnieżnobiała wata wykonana z PCW. W przypadku uszkodzenia filtrów oczyszczających spaliny następuje zabrudzenie

filtru ostrzegawczego. Należy wówczas przerwać przepływ spalin i usunąć usterki, aby nie dopuścić do uszkodzenia analizatora. Naczynie stałej różnicy ciśnień 14 powinno być umieszczone 0,6 m poniżej nadajnika, co zabezpiecza analizator przed zalaniem płynem zamykającym. Naczynie to wypełnia się wodą lub rzadkim olejem mineralnym tak, aby krótsza rurka była zanurzona 20 ÷ 30 mm. Ilość przepływających spalin reguluje się za pomocą zaworu iglicowego 11 tak, aby z dłuższej rurki w naczyniu stałej różnicy ciśnień wypływało dwa razy więcej gazu niż z krótszej. W niektórych instalacjach na wylocie spalin stosuje się regulator wypływu 15, który zapewnia stabilizację ciśnienia w nadajniku analizatora ( $p = 106\ 660 \pm 70$  Pa). Dzięki zastosowaniu regulatora wypływu, wyniki analizy są niezależne od aktualnej wartości ciśnienia atmosferycznego. Mieszanki gazowe palne, trujące lub agresywne, powinny być po analizie ze względów bezpieczeństwa odprowadzone przewodem na zewnątrz pomieszczenia. Przewody, przez które przepływa gaz za chłodnicą, wykonuje się z grubościennego węża igelitowego o średnicy wewnętrznej 4 lub 6 mm. Długość przewodów nie jest ograniczona, jednak ma ona istotny wpływ na bezwładność wskazań przyrządu. Czas zwłoki przyrządu można obliczyć w przybliżeniu ze wzoru

$$T_z = \frac{V_s}{Q}, \quad s, \quad (6.1)$$

gdzie:

$V_s$  - objętość gazu w instalacji doprowadzającej spaliny od sondy do nadajnika przyrządu,  $m^3$ ,

$Q$  - natężenie przepływu gazu,  $m^3/s$ .

Parametry pracy typowej sprężarki do spalin produkcji VEB Elmet Hettstedt - NRD zestawiono w tablicy 6.1.

Tablica 6.1

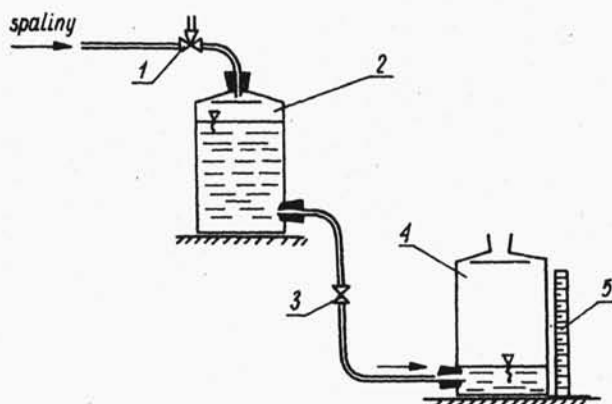
Charakterystyka sprężarki tarczowej

p	k Pa	40	30	20	15	10	5	2
Q	cm <sup>3</sup> /s	0,0	11,1	31,9	43,1	59,0	76,4	91,7

Ażeby skrócić czas zwłoki do minimum, należy analizatory umieszczać możliwie blisko miejsca poboru spalin. Przed uruchomieniem instalacji należy sprawdzić jej szczelność. W tym celu zamyka się kurek 6 i wytwarzamy w układzie podciśnienie ok. 3000 Pa (300 mm H<sub>2</sub>O), zasysając gaz przez kurek trójdrogowy 10. Wartość podciśnienia po zamknięciu kurka 10 zaznacza się na rurce manometrycznej 4. W czasie próby szczelności - wartość podciśnienia nie powinna wykazywać widocznych zmian.

#### 6.2.2. POŚREDNI SPOSÓB POBIERANIA PRÓBEK SPALIN

Pobieranie próbek spalin w sposób pośredni - do pipety gazowej lub aspiratora - stosuje się wówczas, gdy próbki gazu są przechowywane do analizy wykonywanej w późniejszym terminie. Schemat stanowiska do poboru próbek spalin w sposób pośredni pokazano na rys.6.2. Urządzenie składa się z dwóch butli



Rys.6.2. Schemat układu do pośredniego pobierania spalin

poziomowych 2 i 4 połączonych elastycznym przewodem z kurkiem 3. Przed przystąpieniem do pobierania gazu, naczynie górne 2 napełnia się nasyconymi roztworami soli - chlorkiem sodu (NaCl) lub chlorkiem wapniowym (CaCl<sub>2</sub>). Spaliny pobiera się za pomocą sondy 1 i oczyszcza wg zasad podanych w p.6.2.1. W celu pobrania spalin otwiera się kurek przelotowy 3 i ciecz przepływa z butli górnej do dolnej, zasysając jednocześnie spaliny. Ilość zasysanego gazu określa się za pomocą specjalnie przy-

gotowanej podzielnii 5. W czasie analizy przyłącza się analizator do zaworu trójdrogowego 1, otwiera zawór 3. Po podniesieniu butli 4 ponad poziom butli 2, ciecz przepływa w odwrotnym kierunku, wypierając spaliny.

### 6.3. RODZAJE ANALIZATORÓW

W zależności od zjawiska, na podstawie którego dokonuje się pomiaru składu gazu, analizatory można podzielić na chemiczne i fizyczne. Analizatory fizyczne wykorzystują różnice właściwości fizycznych między gazem badanym i porównawczym (powietrze, azot) i dzielą się na:

- analizatory elektryczne,
- analizatory magnetyczne,
- analizatory optyczno-absorpcyjne.

Ze względu na dokładność pomiaru wyróżnia się przyrządy laboratoryjne i przemysłowe (mniej dokładne).

#### 6.3.1. ANALIZATORY CHEMICZNE

Najbardziej rozpowszechnionym przedstawicielem tej grupy przyrządów jest analizator Orsata.

Analizator Orsata działa na zasadzie selektywnego pochłaniania składników spalin przez specjalnie przygotowane roztwory. Ze względu na dokładność pomiaru (0,1%) i dość kłopotliwą obsługę, analizator ten stosuje się w pomiarach laboratoryjnych oraz jako przyrząd kontrolny dla analizatorów przemysłowych. Schemat analizatora Orsata pokazano na rys.6.3. Przyrząd składa się z obudowy, wewnątrz której znajduje się biureta 1 z rurką korekcyjną 2 oraz cztery płuczki absorpcyjne 4. Płuczki wykonane wg Trama połączone są za pomocą rurek kapilarnych 6 i kurków trójdrogowych 7. Biureta i rurka korekcyjna znajdują się w termostacie wodnym 3. Do zasysania spalin służy butelka poziomowa 8. Zadaniem zamknięcia wodnego 9 jest uniemożliwienie dostępu powietrza atmosferycznego do odczynników znajdujących się w płuczkach, dzięki czemu przedłuża się ich trwałość.

Przygotowanie analizatora Orsata do pomiarów polega na napełnieniu termostatu 2 wodą destylowaną oraz sprawdzeniu działania i szczelności kurków.