

JEDNOSTKI W POMIARACH EMISJI I IMISJI ZANIECZYSZCZEŃ GAZOWYCH I PYŁU

Jan CZECH, Paweł KRZYŻANOWSKI, Tomasz WOJNAROWICZ
BOT Elektrownia Turów S.A.
jan.czech@elturow.bot.pl

1. Wstęp

Stosowana jednostka miary wielkości fizycznej powinna jednoznacznie określać wyrażoną wielkość bez konieczności stosowania dodatkowego opisu. Tymczasem w rozporządzeniu M.Ś. o standardach emisyjnych z instalacji (Dz. U. Nr 260 poz. 2181) użyte są następujące określenia, np.: „400 mg/m³_u, przy zawartości 6% tlenu”. Jednostka „mg/m³_u” wymaga tutaj dodatkowego opisu. Układ SI został wprowadzony w latach 70-tych XX wieku. Wówczas pojęcia „emisja” i „imisja” nie były pojęciami szeroko stosowanymi. Zdaniem autorów przyszedł czas na dokonanie naturalnego postępu i opracowanie takich indeksów przy jednostkach, aby zaspokoić oczekiwania inżynierów zajmujących się tą dziedziną wiedzy.

2. Pomiar strumienia objętości spalin

Jednostką, jaką wyrażamy natężenia przepływu objętości gazów odlotowych (strumień objętości – przepływ objętości) jest metr sześcienny na godzinę (m³/h). Objętość gazów odlotowych zmienia się wraz ze zmianą ich temperatury, ciśnienia oraz zawartości w nich pary wodnej i powietrza atmosferycznego. W praktyce natężenie przepływu gazów odlotowych mierzone jest w warunkach rzeczywistych, a następnie wynik pomiaru przeliczany jest na warunki umowne tj. temperaturę 0 °C, ciśnienie 101,3 kPa, gaz suchy i referencyjną zawartość tlenu równą np. 6%.

W pierwszej fazie korygowania warunków rzeczywistych na warunki umowne dokonuje się przeliczenia na temperaturę i ciśnienie umowne. W drugiej fazie korekty objętość gazu przeliczana jest na gaz suchy, a w trzeciej – na referencyjną zawartość tlenu. W praktyce może to dać wyniki: 1890000 m³/h w warunkach rzeczywistych, 1230000 m³/h w warunkach umownych (temperatura 0 °C, ciśnienie 101,3 kPa), 1100000 m³/h w warunkach umownych i dla gazu suchego oraz 950000 m³/h w warunkach umownych, gazu suchego i referencyjnej zawartości tlenu.

W tym przypadku wykonano jeden pomiar, a zaprezentowano cztery różne wyniki. Dla jednoznacznego zobrazowania, z jakim wynikiem mamy do czynienia w danym przypadku, pomocnym byłoby takie nazwanie jednostki, aby na jej podstawie jednoznacznie możliwe było rozpoznanie dla jakich warunków określono natężenie przepływu.

Wzorując się na dorobku „Energopomiaru” Gliwice i własnych doświadczeniach, w BOT Elektrownia Turów S.A. przyjęto następujący sposób oznaczania jednostek:

- **warunki rzeczywiste** – gaz przy rzeczywistej temperaturze i ciśnieniu panującym w mierzonym przekroju (np. **mg/m³**);
- **warunki umowne** – (dawniej warunki normalne) – gaz przeliczony dla umownej temperatury i ciśnienia równym odpowiednio 273 K i 101,3 kPa, stosowany symbol „u” w indeksie dolnym jednostki (np. **mg/m³_u**);
- **gaz suchy** – gaz zawierający parę wodną w ilości nie większej niż 0,005 kg H₂O/kg gazu suchego, stosowany symbol „s” w indeksie dolnym jednostki (np. **mg/m³_{us}**).

- **warunki umowne spalin suchych, %_s** - zawartość w w gazie suchym,
- **warunki referencyjne** – gaz przeliczony dla umownej (referencyjnej) zawartości O₂, stosowany symbol „r” lub % (np.: 6%) w indeksie dolnym jednostki (np. **mg/m³_{usr}** – warunki umowne spalin suchych przy referencyjnej zawartości tlenu lub **mg/m³_{us6%}** - warunki umowne spalin suchych przy zawartości tlenu równej 6%),
- stężenie objętościowe, **ppm** lub **ppm_{obj.}**,
- stężenie masowe, **ppm_{mas.}**,
- udział objętościowy, % lub %_{obj.},
- udział objętościowy w gazie suchym, %_s lub %_{obj,s},
- udział masowy, %_{mas.}

3. Przykład obliczeń wg obowiązującego rozporządzenia

Minister Środowiska Rozporządzeniem z dnia 27 lutego 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, przekazywanych właściwym organom ochrony środowiska oraz terminu i sposobów ich prezentacji (Dz. U. Nr 59 poz. 529), w którym „określa wymagania w zakresie rodzajów pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją instalacji lub urządzenia, które prowadzący instalację lub użytkownicy urządzeń mają obowiązek przekazywać właściwym organom ochrony środowiska, a także terminy i sposób prezentacji wyników tych pomiarów” (tabela 1).

Tabela 1. Układ przekazywania wyników okresowych pomiarów emisji substancji do powietrza

Numer identyfikacyjny pomiaru							Metoda pomiaru
Godzina wykonania pomiaru							
Lp.	Zakres badań	Jednostka	Wyniki pomiarów			Średnia	
35	Strumień objętości gazu	Gazu wilgotnego w warunkach pomiaru	m ³ /h				
36		Gazu wilgotnego w warunkach umownych*	m ³ /h				
37		Gazu suchego w warunkach umownych*	m ³ /h				
38		Gazu suchego w warunkach umownych* dla %O ₂	m ³ /h				

* Warunki umowne oznaczają temperaturę 273 K i ciśnienie 101,3 kPa.

Rozporządzenie określa cztery różne warunki określania strumienia objętości gazu, dla których jednostką miary jest m³/h. Zdefiniowano warunki umowne:

- temperatura umowna 273 K (a nie np.: 273,15 K),
- ciśnienie umowne 101,3 kPa, (a nie np.: 101,325 kPa).

Domyślnie w miejsce stosowanych przez wiele lat „warunków normalnych” wprowadzono „warunki umowne”.

Minister Środowiska Rozporządzeniem z dnia 4 sierpnia 2003 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. nr 163 poz.1584) i w zastępującym je Rozporządzeniu z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie standardów emisyjnych instalacji, w § 4.1. określa „warunki umowne” odmiennie od określenia wymienionego wcześniej w Rozporządzeniu (Dz. U. Nr 59 poz. 529). Przywołany powyżej § 4.1., natężenie przepływu objętości gazów odlotowych

wyraża w metrach sześciennych gazów odlotowych na godzinę, odniesionych do warunków umownych temperatury 273 K, ciśnienia 101,3 kPa i gazu suchego (zawartość pary wodnej nie większa niż 5 g/kg gazów odlotowych), oznaczonych jako m^3_u/h ; stężenie substancji w gazach odlotowych wyraża się w miligramach substancji na metr sześcienny gazów odlotowych, odniesione do warunków umownych, oznaczonych jako mg/m^3_u . Rozporządzenie (Dz. U. Nr 260 poz. 2181) określa „warunki umowne” odmiennie od Rozporządzenia (Dz. U. Nr 59 poz. 529). W definicji pojawia się, jako trzeci, warunek umowny „i gazu suchego”. Pojawia się indeks dolny „u” przy jednostce, dla oznaczenia warunków umownych.

Zgodnie z § 4.2., stężenie substancji w gazach odlotowych sprowadza się do standardowej zawartości tlenu w gazach odlotowych, obliczając według następującego wzoru:

$$E_1 = \frac{21 - O_1}{21 - O_2} \times E_2 \quad (1)$$

gdzie: E_1 – oznacza stężenie substancji w gazach odlotowych przy standardowej zawartości tlenu w gazach odlotowych,

E_2 – oznacza stężenie substancji w gazach odlotowych (zmierzone albo obliczone),

O_1 – oznacza standardową zawartość tlenu w gazach odlotowych, %,

O_2 – oznacza zawartość tlenu w gazach odlotowych (zmierzoną albo obliczoną), %.

Analiza powyższych rozważań prowadzi do następujących wniosków:

- domyślnie E_1 jest wyliczane dla tych samych warunków odniesienia, w których określono E_2 ,
- domyślnie O_2 określone lub wyliczone dla warunków suchych lub mokrych tzn. takich jak określono E_2 ,
- określono zawartość tlenu w powietrzu i dokładność jego zapisywania na 21% (a nie np. 20,95% czy 20,9%).

Od tego czasu w rozporządzeniach pojawiają się zapisy np.:

„Standardy emisyjnew mg/m^3_u przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych”. Przyjęty tu sposób zapisania warunków odniesienia ma następującą wadę: chcąc opisać warunki w jakich wykonano pomiar koniecznym jest podanie jednostki, z równoczesnym słownym dopiskiem informującym, czy gaz był suchy czy mokry oraz dla jakiej zawartości tlenu wynik został przeliczony.

Dotychczasowe sposoby oznaczania normalnego metra sześciennego „Nm³, nm³, m_n³, m³_N”, było często błędnie odczytywane jako np.: „Niuton razy metr sześcienny”, „nano metr sześcienny”. Również pisanie przy jednostce, że wynik jest korygowany „mg/Nm³_{corr}” jest nieprecyzyjne: korygowany do gazu suchego, czy do zawartości 6% O₂, czy może do obu parametrów jednocześnie? **Dlatego uznajemy, że ten dotychczasowy sposób oznaczania jest niewłaściwy.**

Przykładem podobnego działania w innej dziedzinie są przyjęte różne nazwy jednostki mocy elektrycznej. Jednostką mocy jest wat. Jednak dla wygody przyjęto: moc czynną (aktywną) wyrażać w watach [W], moc pozorną (całkowitą) – w woltoamperach [VA], a moc bierną (reaktywną) – w warach [var]. W konsekwencji zapis np.: 210 Mvar czy 210 MW jest jednoznaczny jaką moc zmierzono czy odczytano.

Podobnie jest z określeniem stężeń: 100 mg/m³, 100 mg/m³_u, 100 mg/m³_{us}, 100 mg/m³_{usr}, to różne stężenia, bo określone dla różnych warunków, co opisano indeksem dolnym jednostki.

4. Rozwiązania wdrożone w BOT Elektrownia Turów S.A.

W związku z powyższymi zmianami, na monitorach w nastawniach blokowych pojawiły się nowe jednostki, zapisywane jak wyżej lub w jednej linii:

- $\text{CO}_2 \dots \%_s$ lub $\text{CO2} \dots \%_s$ – zawartość dwutlenku węgla w spalinach suchych,
- $\text{O}_2 \dots \%_s$ lub $\text{O2} \dots \%_s$ – zawartość tlenu w spalinach suchych,
- $\text{m}^3_{\text{usr}}/\text{h}$ lub $\text{m}^3_{\text{usr}}/\text{h}$ – natężenie przepływu objętości gazów odlotowych wyrażone w metrach sześciennych gazów odlotowych na godzinę, odniesione do warunków umownych temperatury 273 K, ciśnienia 101,3 kPa, gazu suchego i standardowej zawartości tlenu (np. 6%).
- $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{usr}}$ lub $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{usr}}$ – stężenie zanieczyszczenia wyrażone w miligramach zanieczyszczenia na metr sześcienny gazu, odniesione do warunków umownych temperatury 273 K, ciśnienia 101,3 kPa, gazu suchego i standardowej zawartości tlenu (np. 6%).

5. Wniosek końcowy

Zdaniem autorów konieczne jest podjęcie inicjatywy jednoznacznego usystematyzowania zapisów skrótowych jednostek wielkości fizycznych, prezentowanych w różnych warunkach odniesienia w celu wyeliminowania szeregu błędów i wątpliwości w zakresie posługiwania się nimi w praktyce.