

Ocena wpływu złożonej niepewności pomiaru objętości metanu odprowadzanej szybem wentylacyjnym na wielkość emisji do atmosfery w polskim górnictwie węgla kamiennego

Plan prezentacji

1. Wprowadzenie
2. Metodyka pomiarów wydatku prądu powietrza i stężenia metanu w szybie wentylacyjnym
3. Określenie złożonej niepewności pomiarowej objętości metanu odprowadzanej szybem wentylacyjnym
4. Ocena wpływu niepewności pomiarowej na wielkość emisji metanu z szybu wentylacyjnego do atmosfery
5. Podsumowanie

Obieg danych dotyczących emisji metanu z kopalń węgla

- **Kopalnia**
- **OUG**
- **WUG**

Zgodnie z Ustawą z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (tj. Dz. U. 2020 poz. 1077, z późn. zm.) jednostką odpowiedzialną za opracowywanie krajowej inwentaryzacji emisji gazów cieplarnianych na potrzeby Unii Europejskiej jest KOBIZE

- **KOBIZE - Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym**

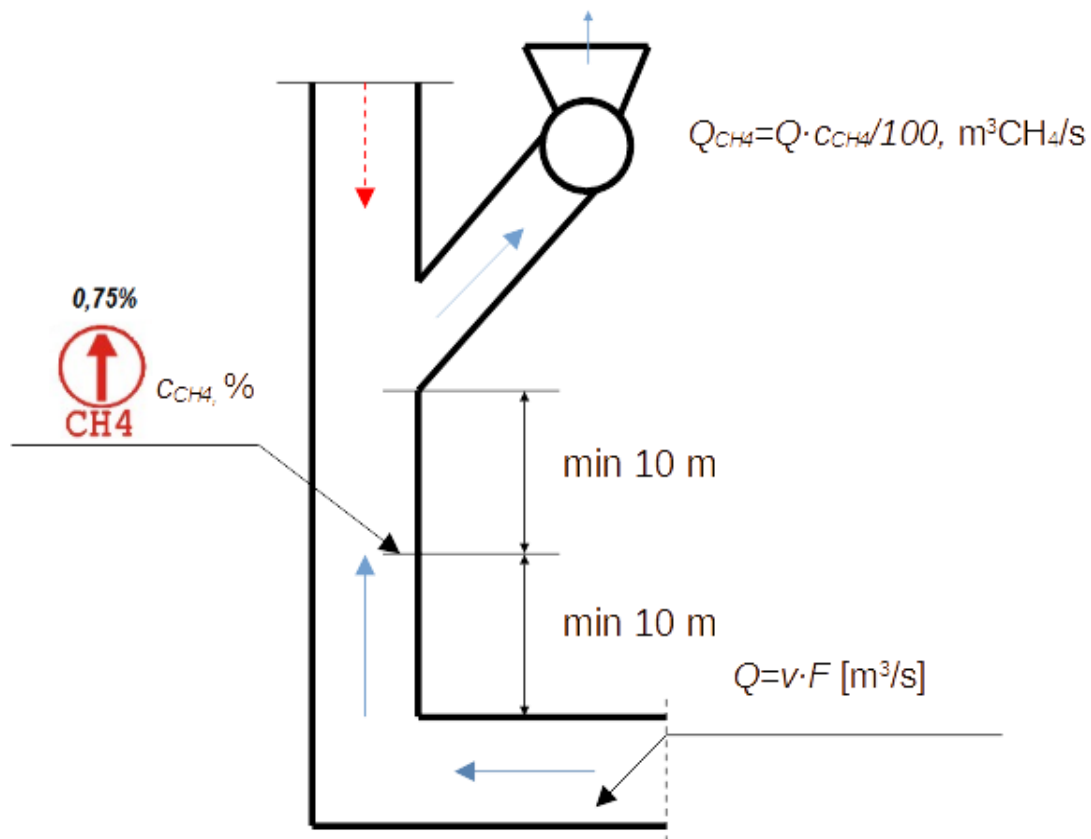
Zgodnie z IPCC:2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

- **Projekt Wniosku Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie redukcji emisji metanu w sektorze energetycznym oraz zmieniającego rozporządzenie (UE) 2019/942.**

Rozporządzenie to, przewiduje wnoszenie opłat za ponadnormatywną emisję metanu do powietrza atmosferycznego (tzw. metanu wentylacyjnego). W tej sytuacji, dokładność pomiarów obliczania emisji metanu ma istotne znaczenie z ekonomicznego punktu widzenia. W niniejszej publikacji w uproszczeniu przedstawiono niepewność pomiarową przy estymacji emisji metanu z szybu wentylacyjnego.

Metodyka pomiarów wydatku prądu powietrza i stężenia metanu w szybie wentylacyjnym

Schemat ideowy pomiaru emisji metanu z szybu wentylacyjnego



Określenie złożonej niepewności pomiarowej objętości metanu odprowadzanej szybem wentylacyjnym

Określenie strumienia objętości metanu przepływającego w wyrobisku należy do grupy pomiarów złożonych, w związku z czym na jego wartość wpływają wartości pomiarów więcej niż jednej wartości wielkości fizycznej. Wartość strumienia objętości metanu w przypadku zastosowanej metody pomiarowej zapisana jest zależnością:

$$Q_{CH_4} = 0,01Q C_{CH_4}$$

gdzie:

Q - strumienia objętości powietrza, m^3/s

C_{CH_4} - średnie stężenie metanu w przekroju pomiarowym, %.

Strumień objętości powietrza Q zależy od wielkości przekroju wyrobiska F i prędkości przepływu v . Zakładając, że wyrobisko jest wykonane w obudowie łP o szerokości a i wysokości b , jego przekrój w uproszczeniu można przedstawić:

$$F = 0,8ab, m^2$$

Zatem,

$$Q = 0,8abv, m^3/s$$

Określenie złożonej niepewności pomiarowej objętości metanu odprowadzanej szybem wentylacyjnym

Opierając się na powyższych zależnościach, wariancja złożona strumienia objętości metanu $u^2(Q_{CH_4})$ wyniesie:

$$u^2(Q_{CH_4}) = Q_{CH_4}^2 \left\{ \left[\frac{u(v)}{v} \right]^2 + \left[\frac{u(a)}{a} \right]^2 + \left[\frac{u(b)}{b} \right]^2 + \left[\frac{u(c_{CH_4})}{c_{CH_4}} \right]^2 \right\}$$

gdzie:

$u(v)$ – niepewność pomiaru prędkości objętości powietrza,

$u(a)$ – niepewność pomiaru szerokości wyrobiska,

$u(b)$ – niepewność pomiaru wysokości wyrobiska,

$u(c_{CH_4})$ – niepewność pomiaru średniego stężenia metanu w przekroju pomiarowym.

Przyjmując w zaokrągleniu współczynnik rozszerzenia $k=2$ (jego wartość przy założeniu rozkładu normalnego wielkości mierzonej, dla poziomu ufności 95%, jest równa 1,96), zależność na rozszerzoną niepewność pomiaru strumienia metanu może być wyrażona następująco:

$$U(Q_{CH_4}) = 2Q_{CH_4} \sqrt{\left[\frac{u(v)}{v} \right]^2 + \left[\frac{u(a)}{a} \right]^2 + \left[\frac{u(b)}{b} \right]^2 + \left[\frac{u(c_{CH_4})}{c_{CH_4}} \right]^2}$$

Określenie złożonej niepewności pomiarowej objętości metanu odprowadzanej szybem wentylacyjnym

Zakładając w przykładowym modelu pomiarowym, że:

$$v=9,45 \text{ m/s,}$$

$$a=6,5 \text{ m,}$$

$$b=4,5 \text{ m,}$$

$$c_{CH_4}=0,28\%,$$

to wydatek prądu powietrza płynącego na szyb wentylacyjny wyniesie $221,1 \text{ m}^3/\text{s}$ a wartość strumienia objętości metanu wyniesie $Q_{CH_4} = 0,62 \text{ m}^3/\text{s} = 37,2 \text{ m}^3/\text{min}$.

Jednocześnie złożona rozszerzona niepewność pomiarowa strumienia objętości metanu płynącego szybem wentylacyjnym w analizowanym przypadku wyniesie:

$$U(Q_{CH_4}) = 1,24 \sqrt{\left[\frac{0,130}{9,45}\right]^2 + \left[\frac{0,003}{6,5}\right]^2 + \left[\frac{0,003}{4,5}\right]^2 + \left[\frac{0,033}{0,28}\right]^2} = 0,147 \text{ m}^3/\text{s}$$

Względna niepewność pomiarowa strumienia objętości metanu płynącego szybem wyniesie:

$$\frac{U(Q_{CH_4})}{(Q_{CH_4})} 100\% = u(Q_{CH_4} 100\%) = 23,71\%$$

Zatem można zapisać, że w analizowanym przypadku:

$$Q_{CH_4} = (0,62 \pm 0,147) \text{ m}^3/\text{s} = (37,2 \pm 8,8) \text{ m}^3/\text{min}.$$

Ocena wpływu niepewności pomiarowej na wielkość emisji metanu z szybu wentylacyjnego do atmosfery

Z przeprowadzonych obliczeń niepewności pomiarowej wynika, że w analizowanym przypadku względna niepewność pomiarowa wynosi 23,7%. Jednakże przy mniejszej zawartości metanu np. 0,1% zamiast 0,28% względna niepewność pomiarowa wzrośnie do 66,1% (przy pozostałych niepewnościach cząstkowych bez zmian).

W opracowywanych raportach dotyczących emisji metanu za dany rok operuje się jednostkami mln m³CH₄/rok. Zatem dla analizowanego przypadku wartość strumienia objętości metanu odprowadzanego szybem wentylacyjnym w skali roku wyniesie:

$$Q_{CH_4} = (18\ 748\ 800 \pm 4\ 435\ 200) \text{ mln m}^3/\text{rok!}$$

Z powyższych wyliczeń w skali roku wynika, jak ważnym w estymacji emisji metanu z szybów wentylacyjnych stają się zagadnienia wyznaczania niepewności pomiarów.

Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowego Biura Miar (JCGM GUM 6.2020), niepewność pomiaru jest miarą jakości wyniku pomiaru.

Podsumowanie

- Istotność dokładnego obliczania emisji metanu, a w szczególności emisji metanu szybami wentylacyjnymi do powietrza atmosferycznego polega na tym, że w projekcie Wniosku Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie redukcji emisji metanu w sektorze energetycznym oraz zmieniającego rozporządzenie (UE) 2019/942. Rozporządzenie to, przewiduje wnoszenie opłat za ponadnormatywną emisję metanu do powietrza atmosferycznego (tzw. metanu wentylacyjnego). W tej sytuacji, dokładność pomiarów obliczania emisji metanu ma istotne znaczenie z ekonomicznego punktu widzenia.

Podsumowanie

➤ Dla poprawności estymacji emisji metanu do atmosfery z szybu wentylacyjnego niepewność pomiaru jest bardzo istotna, jednak trzeba zaznaczyć, że wielkość tej niepewności jest zależna od dokładności wykonywanych pomiarów poszczególnych parametrów: prędkości powietrza, przekroju wyrobiska i stężenia metanu.

Dlatego też:

- W zakresie zwiększenia dokładności pomiaru prędkości korzystnym byłoby zastosowanie pomiaru wielopunktowego z wykorzystaniem metody triangulacji liniowej, która polega na przybliżeniu rozkładu prędkości powierzchniami, których rzutami na płaszczyznę przekroju pomiarowego są trójkąty, na które podzielono pole tego przekroju.
- W zakresie zwiększenia dokładności pomiaru pola przekroju wyrobiska na stacji pomiarowej korzystnym byłoby wykorzystanie nowoczesnych przyrządów optycznych, np. dalmierzy laserowych, czy też skanerów laserowych 3D,
- W zakresie pomiaru niskich zawartości metanu (szczególnie poniżej 0,25%) korzystnym byłoby wykorzystanie urządzeń pomiarowych o większej dokładności.

Dziękuję za uwagę

hkopton@gig.eu