

Tomasz JANKOWSKI

e-mail: tojan@ciop.pl

Pracownia Aerozoli, Filtracji i Wentylacji, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Heksafluorek siarki w badaniach skuteczności wychwytu substancji chemicznych na stanowiskach pracy

Wstęp

Pracownik laboratorium może być narażony na oddziaływanie toksycznych gazów, dymów i cieczy. Szczególne zagrożenie występuje przy pracy z nowymi substancjami chemicznymi, których właściwości fizyczne, chemiczne, biologiczne nie zostały dostatecznie zbadane. Substancje te mogą być wybuchowe, łatwopalne, silnie toksyczne, rakotwórcze, czy też niebezpieczne dla skóry, oczu lub dróg oddechowych. W laboratoriach powinny zatem być zastosowane sprawne rozwiązania techniczne umożliwiające współdziałanie wentylacji ogólnej i wyciągów laboratoryjnych.

Skuteczność działania wyciągu laboratoryjnego można przedstawiać w kategoriach jakościowych jako zdolność do zatrzymywania i usuwania jednej lub wielu substancji zanieczyszczających uwalnianych ze źródła znajdującego się wewnątrz przestrzeni roboczej wyciągu oraz zdolność do minimalizowania ewentualnych zakłóceń spowodowanych przeciągami, ruchami obsługującego czy przechodzeniem personelu w pomieszczeniu.

Badanie bezpieczeństwa i skuteczności działania wyciągu laboratoryjnego istotne jest:

- przy określonych przez producenta warunkach badań (badania w warunkach laboratoryjnych),
- w przypadku zainstalowania w pomieszczeniu wyposażonym w system wentylacji ogólnej i urządzenia wentylacji miejscowej, np. inne wyciągi laboratoryjne (badania w warunkach użytkowania).

Szczególnie istotne są badania wyciągów laboratoryjnych w warunkach ich użytkowania, gdyż parametry pracy wyciągu laboratoryjnego są ściśle uzależnione od skuteczności działania systemów wentylacji ogólnej i urządzeń wentylacji miejscowej, zainstalowanych w danym pomieszczeniu.

Metody badań

W CIOP-PIB prowadzone są badania skuteczności wychwytu substancji chemicznych w wyciągach laboratoryjnych.

W ramach tych prac są przeprowadzane badania wpływu zmian charakterystyk przepływowych wewnątrz wyciągu i w jego otoczeniu na parametry związane z emisją zanieczyszczeń przez:

- obserwacje przepływu dymu w źródle emisji zanieczyszczeń metodą wizualizacji (generator dymu *Antari Z-1000*),
- określanie rozkładu prędkości przepływu powietrza metodą anemometryczną (termoanemometry *Velocicalc Model 8360, TSI Inc*).

Przeprowadzane są również w wytypowanych rodzajach wyciągów laboratoryjnych badania takich parametrów związanych z emisją zanieczyszczeń jak:

- wielkość emisji danego zanieczyszczenia ze źródeł z włączonym i wyłączonym systemem wychwytywania wykonywane metodą znaczników gazowych (analyzer gazów *MIRAN SaphiRe 100E, Termo/Foxboro*),
- sprawność wychwytu wybranych wyciągów laboratoryjnych poprzez pomiar masowych stężeń znacznika gazowego w otoczeniu obiektu badań z użyciem metody znacznikowej (analyzer gazów *MIRAN SaphiRe 100E, Termo/Foxboro*).

Przy wyborze znacznika gazowego do badań skuteczności wychwytu substancji chemicznych na stanowiskach pracy w laboratorium brano pod uwagę następujące kryteria:

- zerową lub niską toksyczność,
- trwałość chemiczną w temperaturze prowadzenia badań,

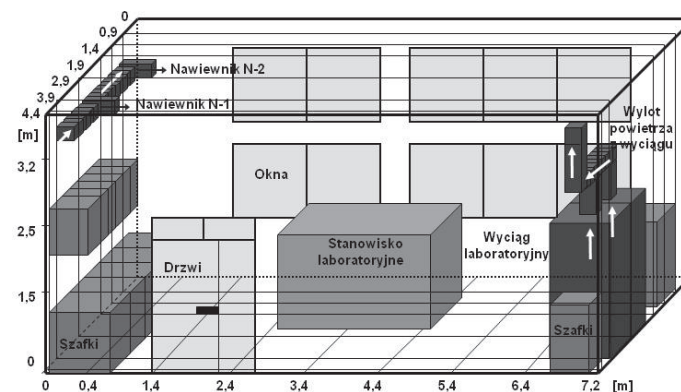
- brak wzajemnego oddziaływania z zanieczyszczeniami obecnymi w badanym pomieszczeniu,
- niski poziom tła w pomieszczeniu,
- warunki emisji znacznika zbliżone do warunków rzeczywistych.

Aktualnie w kraju i na świecie w pomiarach skuteczności wentylacji ogólnej i miejscowej w pomieszczeniach pracy coraz częściej jest stosowany heksafluorek siarki (SF_6) [1, 2]. Jest to nieorganiczny związek chemiczny o bardzo dobrych własnościach dielektrycznych [3]. Ponadto jest bezbarwnym, bezwonny i bardzo trwałym gazem.

Wybór SF_6 jako znacznika jest również spowodowany tym, że może on reprezentować większość zanieczyszczeń obecnych w laboratorium oraz utrzymuje się w pomieszczeniu przez długi czas, wystarczający do przeprowadzenia pomiaru jego stężenia.

Wyniki badań

Badania przeprowadzono w pomieszczeniu laboratorium wyposażonym w instalację wentylacji ogólnej mechanicznej nawiewnej i wyciąg laboratoryjny. Powietrze było wprowadzane do pomieszczenia poprzez instalację wentylacji wyposażoną w dwa nawiewniki. Układ przestrzenny badanego pomieszczenia laboratorium przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Układ przestrzenny pomieszczenia laboratoryjnego

Wartości średnich strumieni objętościowych powietrza w instalacji wentylacji w laboratorium podano w tab. 1.

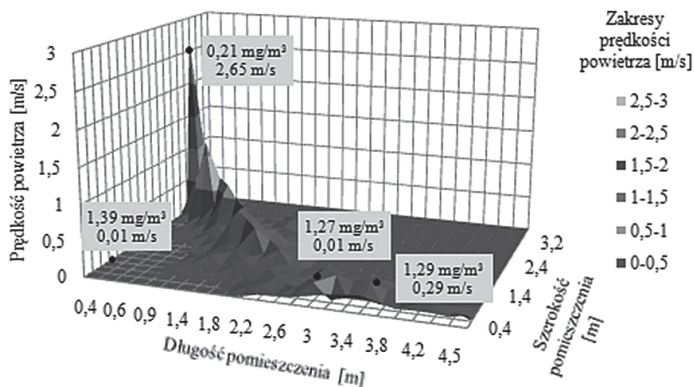
Tab. 1. Wartości strumieni objętości powietrza w instalacji wentylacji w laboratorium.

Strumień objętościowy powietrza [m ³ /h]		
Nawiewnik N 1	Nawiewnik N 2	Wyciąg laboratoryjny
523 ± 26	347 ± 21	845 ± 17

Badania metodą wizualizacji kierunków przepływu powietrza w pomieszczeniu przeprowadzono w pobliżu wyciągu laboratoryjnego na wysokości 1,5 m od podłogi (w strefie oddychania pracownika obsługującego wyciąg) i na wysokości 0,9 m od podłogi (w strefie pracy osoby obsługującej wyciąg). Podczas wykonywania omawianych badań czynna była ogólna wentylacja mechaniczna nawiewna.

Sposób rozprzestrzeniania się dymu w strefie oddychania pracownika - na wysokości 1,5 m od podłogi - jest podobny w przypadku czynnego jak i nieczynnego wyciągu. Dym przepływa ku górze w kierunku wyciągu.

Inny charakter przepływu zaobserwowano w przypadku czynnego i nieczynnego wyciągu na wysokości 0,9 m od podłogi – w obszarze pracy pracownika. Przy nieczynnym wyciągu dym przepływa ku górze i rozprzestrzenia się w pomieszczeniu. Czynny wyciąg laboratoryjny powoduje zasysanie dymu i jego przepływ niemal równoległy do dolnej powierzchni płyty wyciągu w kierunku elementów odciągających powietrze z wyciągu.



Rys. 2. Rozkład prędkości przepływu powietrza i stężenia znacznika gazowego w płaszczyznach pionowych i poziomych w laboratorium

Badania metodą anemometryczną przeprowadzono w płaszczyznach pomiarowych, których rozmieszczenie przedstawiono na rys. 1, natomiast przykładowe wyniki badań prędkości przepływu powietrza w płaszczyźnie 0,9 m zestawiono na rys. 2.

Stwierdzono, że strumienie nawiewane do pomieszczenia laboratorium istotnie wpływają na wzrost prędkości przepływu powietrza w pobliżu nawiewników. Kierunki przepływu powietrza z nawiewników są skierowane krzywoliniowo ku podłodze. W obszarze wpływu działania nawiewników wartości prędkości przepływu powietrza zawierały się w przedziałach: dla nawiewnika N1 od 0,13 do 2,32 m/s, natomiast dla nawiewnika N2 od 0,23 do 2,65 m/s. Poza tym obszarem wartości zmierzonych prędkości powietrza były mniejsze od 0,16 m/s.

Przepływ strumienia powietrza z nawiewnika N2 (płaszczyzna 0,9 m) jest określony zmianą prędkości powietrza od 2,65 m/s poprzez 0,66; 0,51; 0,47; 0,45; 0,39 aż do 0,22 m/s.

Zasięg zmian prędkości przepływu powietrza w strumieniu powietrza wypływającym z nawiewnika N1 (płaszczyzna 2,9 m) jest mniejszy niż w przypadku nawiewnika N2. Zmiany prędkości powietrza są odpowiednio od 1,75 m/s poprzez 0,68; 0,37; 0,34 aż do 0,16 m/s. W pozostałych punktach pomiarowych zmierzone wartości prędkości powietrza były mniejsze od 0,17 m/s.

W laboratorium badano stężenie SF₆ (metodą znaczników gazowych) w punktach pomiarowych zlokalizowanych w obszarach przepływu strumieni powietrza z nawiewników oraz w obszarach nie objętych zasięgiem przepływu tych strumieni, w tym w obszarach odpowiadających strefie oddychania pracowników (Rys. 2).

Wskaźnik rozcieńczenia (n) w pomieszczeniu laboratoryjnym, obliczono z zależności:

$$n = \frac{C_0}{C_i} \quad (1)$$

gdzie:

C_0 – stężenie SF₆ wprowadzonego do przewodu wentylacji, [mg/m³],

C_i – stężenie SF₆ zmierzone w punktach pomiarowych w pomieszczeniu laboratoryjnym, [mg/m³].

Stężenie SF₆ wprowadzonego do przewodu wentylacyjnego w odległości 80 cm od środka nawiewnika N1 wynosiło $C_0 = 195 \text{ mg/m}^3$.

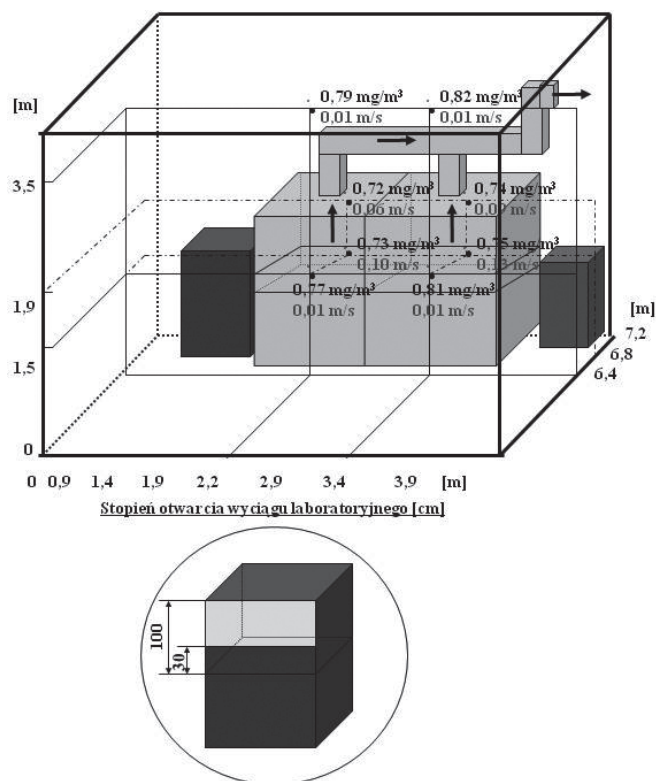
Jak wynika z danych przedstawionych na rys. 2 największe wartości wskaźnika rozcieńczenia stwierdzono w obszarach wpływu strumieni powietrza z nawiewników.

Stopień rozcieńczenia znacznika gazowego wahał się od 696 (w pobliżu nawiewnika N1) do 929 (w pobliżu nawiewnika N2).

W obszarach nie objętych zasięgiem przepływu nawiewanych strumieni powietrza stopień rozcieńczenia znacznika gazowego (n) był kil-

kokrotnie niższy i zawierał się w granicach od 140 do 238, w tym od 154 do 205 w strefie oddychania pracowników.

Wartości stężeń SF₆ oraz prędkości przepływu powietrza w punktach pomiarowych zlokalizowanych w pobliżu i wewnątrz czynnego wyciągu laboratoryjnego podano na rys. 3.



Rys. 3. Układ przestrzenny laboratorium w pobliżu wyciągu laboratoryjnego.

Jak wynika z przedstawionych danych wartości stężenia znacznika gazowego w pomieszczeniu laboratoryjnym w pobliżu czynnego wyciągu nie różniły się istotnie od wartości stężenia SF₆ wewnątrz czynnego wyciągu laboratoryjnego, pomimo większych wartości prędkości przepływu powietrza w kilku punktach pomiarowych zlokalizowanych wewnątrz wyciągu. Niemniej jednak stopień rozcieńczenia znacznika w pomieszczeniu w pobliżu wyciągu był nieco mniejszy i wahał się od 238 do 253, podczas gdy wewnątrz czynnego wyciągu wynosił od 260 do 271.

Wnioski

W laboratoriach, w których występują przede wszystkim pyły i czynniki chemiczne powinny być zastosowane rozwiązania techniczne uniemożliwiające przedostanie się tych czynników do innych pomieszczeń oraz zainstalowana i sprawnie działająca wentylacja mechaniczna nawiewno-wyciągowa, gwarantująca wymianę powietrza niezbędną do wyeliminowania lub ograniczenia narażenia na te czynniki.

Przedstawiona metoda badania z użyciem heksafluorku siarki jako znacznika gazowego oraz dwóch technik wspomagających – wizualizacji przepływu dymu i termoanemometrii – umożliwi wspomaganie projektowania i sprawdzanie skuteczności działania wyciągów laboratoryjnych w sposób zapewniający efektywną ochronę pracowników przed szkodliwym działaniem zanieczyszczeń powietrza emitowanych ze źródeł znajdujących się wewnątrz laboratoriów.

LITERATURA

- [1] B. Lipska: Archives of Environmental Protection, **32**, nr 3, 3 (2006).
- [2] D. Beamer, J. P. Muller, J. M. Dessagne: Indoor Air, **8** (1), 47 (2004).
- [3] Documentation of the TLVs and BEIs with Other Worldwide Occupational Exposure Values. ACGiH, 2007.