

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

## Wpływ zmian w przepływie powietrza na wydajność dygestoriów chemicznych

### Wstęp

Zarówno przepisy bhp, jak i przepisy budowlane nie określają w Polsce odrębnych wymagań dla pomieszczeń laboratoriów chemicznych, w szczególności tych, w których prowadzone są procesy analiz dostaw surowców i produktów.

Aparatura pomiarowa i wyposażenie laboratoriów, w których mogą wydzielać się szkodliwe gazy, pary lub pyły powinny być zhermetyzowane. W razie niemożliwości zhermetyzowania powinna być zainstalowana i sprawnie działająca wentylacja nawiewno-wyciągowa, w tym dygestoria chemiczne [Bell, 2007].

Priorytetem podczas pracy w dygestorium jest zdolność do minimalizowania zakłóceń spowodowanych przeciągami, pracą aparatury pomiarowej, czy ruchami obsługującego personelu w pomieszczeniu [Tseng i in., 2006].

Głównym celem niniejszej pracy jest zatem przedstawienie wpływu zmian w przepływie powietrza w otoczeniu dygestorium na skuteczność jego działania charakteryzowaną przez hermetyczność komory roboczej dygestorium. Zastosowanie odpowiedniego systemu współdziałania ogólnej wentylacji pomieszczenia z wentylacją miejscową wywiewną może powodować znaczny wzrost hermetyczności dygestorium, a tym samym zwiększenie bezpieczeństwa pracy personelu pracującego z substancjami chemicznymi.

### Metodyka badań

W metodzie badania skuteczności działania dygestoriów chemicznych na stanowiskach pracy istotne jest określanie parametrów charakterystycznych dla różnych stanów pracy dygestoriów. Wskaźnikiem skuteczności działania dygestorium są wymagania bezpieczeństwa określone w wyniku przeprowadzonych badań i stanowiące wytyczne dotyczące konstrukcji dygestoriów.

Ocena skuteczności dygestoriów na stanowiskach pracy jest ukierunkowana na przeprowadzenie badań w różnych warunkach w celu:

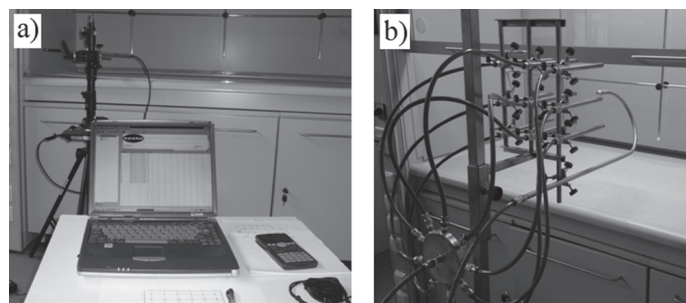
- oceny bezpieczeństwa i skuteczności działania dygestoriów chemicznych w warunkach laboratoryjnych (badanie typu),
- oceny konkretnego dygestorium chemicznego w danych warunkach otoczenia i użytkowania (badanie na stanowisku pracy).

Metoda oceny skuteczności działania dygestoriów chemicznych w warunkach laboratoryjnych polega na uruchomieniu badanego obiektu (dygestorium) wewnątrz pomieszczenia do badań, a następnie na określaniu kierunku przepływu powietrza, prędkości powietrza, stężenia znacznika gazowego w ściśle określonych miejscach, przy ściśle określonym strumieniu objętości powietrza odprowadzanego z dygestorium. Badanie typu wykonuje się na jednej próbce wyrobu reprezentatywnego dla produkcji dygestorium.

Metoda oceny konkretnego dygestorium chemicznego w warunkach użytkowania polega na uruchomieniu badanego obiektu na stanowisku pracy w danych warunkach otoczenia, a następnie na określaniu parametrów kierunku przepływu powietrza, prędkości powietrza, stężenia znacznika gazowego w ściśle określonych miejscach, przy ściśle określonym strumieniu objętości powietrza odprowadzanego z dygestorium oraz w danych warunkach otoczenia.

### Opis badań

Do przeprowadzenia oceny skuteczności działania dygestorium chemicznego stosowano aparaturę pomiarową zgodną z metodami wizualizacji przepływu: anemometryczną i znacznikową (Rys. 1).



Rys. 1. Widok stanowiska badawczego do pomiaru prędkości powietrza (a) i stężenia znacznika gazowego (b)

Badane dygestorium było zintegrowane, charakteryzujące się niezależną konstrukcją stalową oraz posiadające zintegrowany blat wykonany z ceramiki monolitycznej i okno przesuwne pionowo.

W CIOP-PIB przeprowadzono wizualizację dymu testowego w skali mikro i makro dygestorium (rurki zadymiające *Dräger*) oraz badania prędkości powietrza w powierzchni czołowej okna przesuwne dygestorium, rozkładu prędkości powietrza w laboratorium, natężenia przepływu powietrza (termoanemometry *Testo 435-4*) i spadku ciśnienia (mikromanometr różnicowy *IMG PAN*) w przewodzie wyciągowym, hermetyczności w płaszczyźnie wewnętrznej komory roboczej, stopnia hermetyczności i wydajności wymiany powietrza dygestorium (analyzer gazów *MIRAN SapphIRe Model 100E, Foxboro*).

W badaniach metodą znacznikową zastosowano jako znacznik heksafluorek siarki ( $\text{SF}_6$ ). Stężenie tła gazu w pomieszczeniu nie przekraczało  $10^{-8}$  stężenia objętościowego.

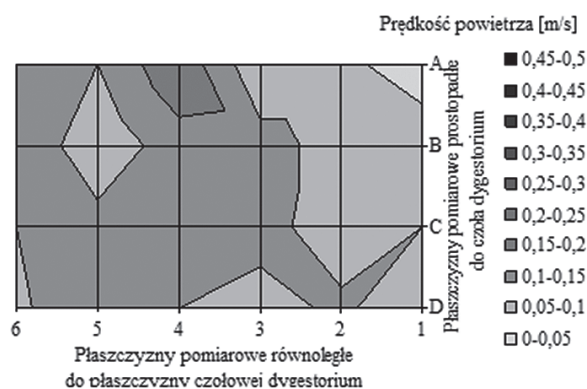
Badania wpływu przepływu powietrza na skuteczność dygestorium wykonano dla różnych zakłóceń spowodowanych przeciągami, pracą wentylacji ogólnej czy ruchami personelu w pomieszczeniu.

### Wyniki badań i ich ocena

Na rys. 2-5 przedstawiono rozkłady prędkości powietrza w pomieszczeniu w zależności od zadanego modelu przepływowego.

Pomiary w wewnętrznej płaszczyźnie okna przesuwne rozpoczęto po ustabilizowaniu się przepływu znacznika gazowego. Mierzono i rejestrowano stężenie znacznika gazowego przez 360 sekund a następnie przerywano wtryskiwanie gazu (Rys. 6).

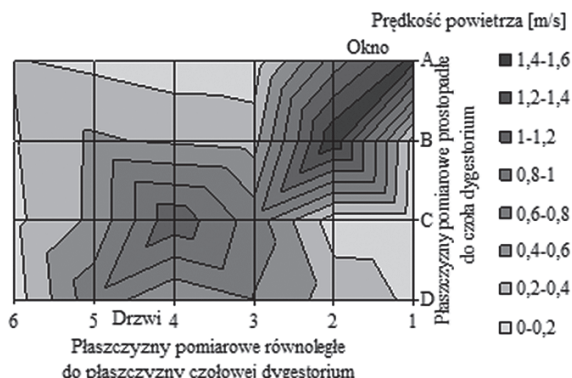
Dla każdego modelowego zakłócenia przepływu powietrza obliczono średnie stężenie znacznika gazowego ( $\phi_t$ ) dla czasu badania od 60 do



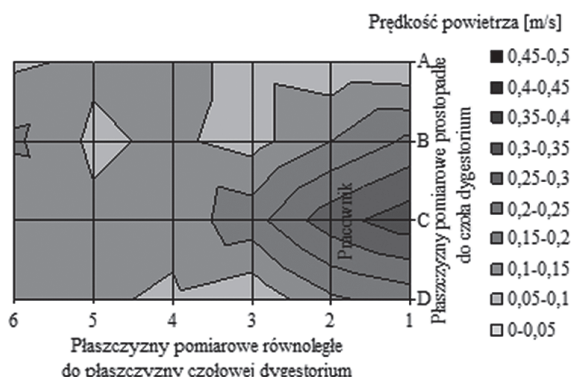
Rys. 2. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu dygestorium z nominalnym strumieniem objętości powietrza zalecanym przez producenta ( $Q_n = 900 \text{ m}^3/\text{h}$ )

360 sekund. Obliczano również współczynnik hermetyczności pomiaru wewnętrznego  $C_{F,1}$  z następującego wzoru:

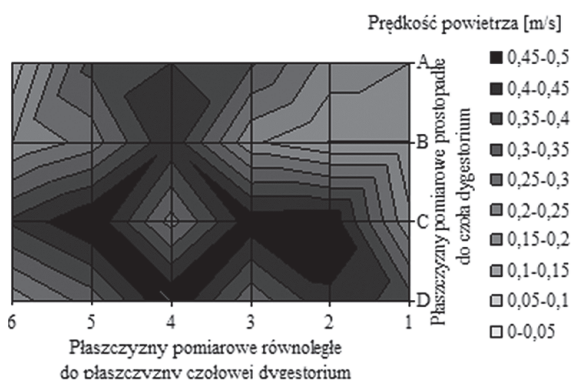
$$C_{F,1} = \frac{q}{Q \varphi_1} \quad (1)$$



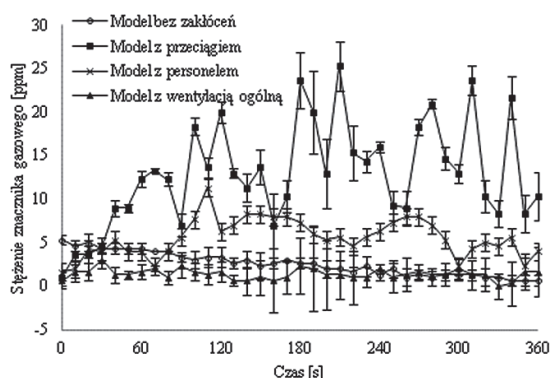
Rys. 3. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu dygestorium przy przeciągu spowodowanym otwarciem drzwi i okna w pomieszczeniu



Rys. 4. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu dygestorium przy zakłóceniach spowodowanych ruchami obsługującego pracownika



Rys. 5. Rozkład prędkości powietrza w otoczeniu dygestorium przy włączonej ogólnej wentylacji wyporowej



Rys. 6. Wykres zależności zmian stężenia znacznika gazowego od czasu pomiaru dla różnych modeli przepływu powietrza w otoczeniu dygestorium

gdzie:

- $q$  – natężenie przepływu znacznika gazowego [ $m^3/h$ ]
- $Q$  – natężenie przepływu powietrza z dygestorium [ $m^3/h$ ]
- $\varphi_1$  – średnie stężenie znacznika gazowego w czasie badania.

Zestawienie średnich wartości prędkości i stężenia znacznika gazowego w powierzchni czołowej okna przesuwne dygestorium ( $U_{sr}$ ) oraz współczynników hermetyczności dla poszczególnych modeli przepływu powietrza zamieszczono w tab. 1.

Tab. 1. Porównanie średnich wartości parametrów charakterystycznych dla skuteczności działania dygestorium

Model przepływu powietrza	$U_{sr}$ [m/s]	$C_{F,1}$ [-]	$\varphi_1$ [ppm]
Bez zakłóceń	0,07	3,05	2,16
Przeciągi – okno i drzwi otwarte	0,58	0,46	14,45
Ruchy obsługującego personelu	0,32	1,10	6,01
Włączona ogólna wentylacja wyporowa	0,19	4,91	1,34

Z przeprowadzonych badań rozkładów prędkości przepływu powietrza w otoczeniu obiektu badań wynika, że w każdym badanym przypadku obserwowano występowanie przepływów powietrza z prędkością powyżej 0,20 m/s w pomieszczeniu.

Jednocześnie wzrost prędkości w powierzchni czołowej okna przesuwne dygestorium powyżej 0,20 m/s występował jedynie dla badanych modeli zakłóceń przeciągami i ruchami obsługującego personelu. Zwiększało to możliwość obniżenia hermetyczności zastosowanego dygestorium odpowiednio 6,6-krotnie (przeciągi) i 2,8-krotnie (personel). Podczas badań zaobserwowano 1,6-krotne zwiększenie współczynnika hermetyczności dla współdziałania ogólnej wentylacji wyporowej i dygestorium.

Relacje między przedstawionymi parametrami i skutecznością wychwytu zanieczyszczeń w dużym stopniu zależą od zastosowanego wariantu wentylacji ogólnej w pomieszczeniu. Stąd dla efektywnego wychwytywania zanieczyszczeń ze źródeł emisji wewnątrz dygestorium istotne znaczenie ma zapewnienie prawidłowego współdziałania wszystkich elementów modyfikujących przepływ powietrza i rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w otoczeniu dygestorium chemicznego.

## Wnioski

Analiza wyników badań wykazała istotny wpływ zmian w charakterystyce przepływowej w komorze roboczej na parametry związane z obszarem przestrzeni roboczej dygestorium i obszarem związanym z ewentualnymi zakłóceniami spowodowanymi przeciągami, ruchami obsługującego personelu, działaniem ogólnej wentylacji oraz warunkami atmosferycznymi w pomieszczeniu.

Rejestrowane przepływy powietrza wskazały na złożoność i różnorodność oddziaływań kształtujących przepływy powietrza wewnątrz i w otoczeniu badanego dygestorium chemicznego.

Przedstawione badania mogą umożliwić, zarówno producentom dygestoriów jak i pracownikom służb eksploatacyjnych systemów wentylacji stosowanych w laboratoriach chemicznych, wspomaganie projektowania i sprawdzanie skuteczności działania dygestoriów w sposób zapewniający efektywną ochronę pracowników przed szkodliwym działaniem gazów, par lub pyłów.

## LITERATURA

- Bell G., 2009. Optimizing laboratory ventilation rates: process and strategies. *J. Chem. Health Safety*, 16, nr 5, 14-19. DOI: 10.1016/j.jchas.2009.03.013
- Tseng L., Huang R.F., Chen C., Chang C., 2006. Correlation between airflow patterns and performance of a laboratory fume hood. *J. Occup. Environ. Hyg.*, 3, nr 12, 694-706. DOI: 10.1080/15459620601015695

*Praca oparta na wynikach zadania nr 04.A.09 realizowanego w ramach II etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” dofinansowanego w latach 2011–2013 w zakresie służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: CIOP-PIB.*