

Przemysław KATEUSZ

Jerzy SZULIKOWSKI

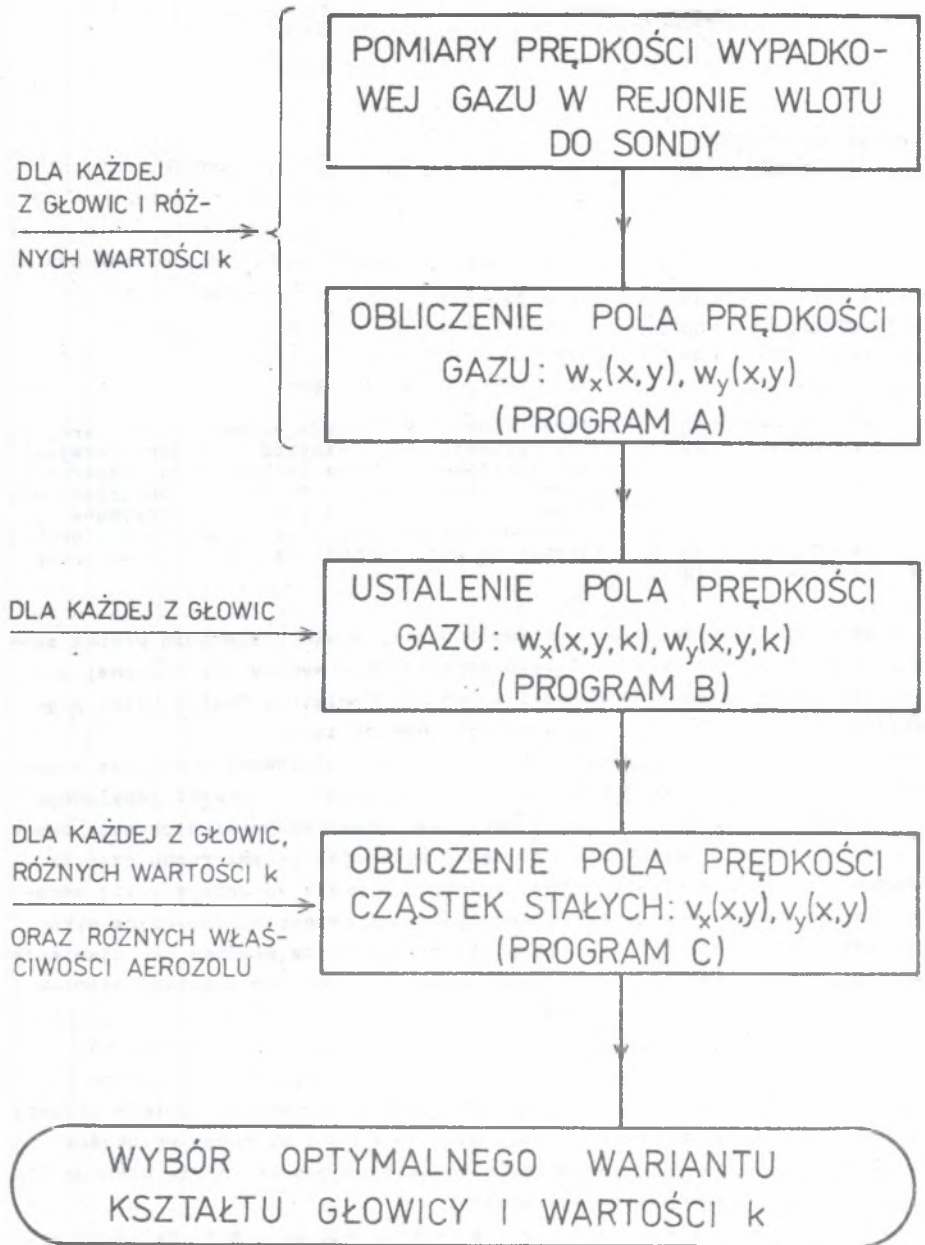
Politechnika Śląska

METODA BADANIA RUCHU AEROSZU W REJONIE
WLOTU DO SONDY PYŁOWEJ

Streszczenie. W referacie omówiono metodę badania ruchu aeroszlu w rejonie wlotu do sondy pyłowej, umożliwiającą określenie trajektorii ruchu fazy gazowej i pyłowej. Metoda ta bazuje na eksperymentalnym polu prędkości gazu w rejonie wlotu do sondy i obliczeniowej procedurze określania trajektorii ruchu fazy stałej. Otrzymane wyniki pozwalają na przeprowadzenie analizy dokładności poboru próbki aeroszlu sondą, a tym samym na wybór najkorzystniejszych warunków zasysania próbki.

W artykule zaprezentowano metodę badań zjawiska pobierania próbki sondą pyłową, która to metoda została opracowana w wyniku realizowanej w Instytucie Ogrzewnictwa, Wentylacji i Ochrony Powietrza Politechniki Śląskiej pracy naukowo-badawczej w ramach CPBR nr 11.2. Prezentowana metoda zawierać ma w sobie, jako podstawowe narzędzie badawcze, właściwy sposób oceniania dokładności pobierania próbki zapyłonego gazu z przewodu. W ocenie danych warunków geometryczno-kinetycznego poboru próbki aeroszlu posilkwować się będziemy trajektoriami ruchu cząstek stałych w pobliżu wlotu do sondy, unoszonych przez poruszający się ośrodek gazowy. Takie sformułowanie istoty metody badawczej dotyczące wykorzystania pola prędkości cząstek stałych wynikało ze studiów nad zjawiskiem ruchu aeroszlu w pobliżu sondy oraz przeglądu prac nad tym zagadnieniem prowadzonych na świecie [1, 2-6]. Zgodnie z naszym stanowiskiem, zaprezentowanym w [1], w celu dokładnego (reprezentatywnego) pobierania próbki aeroszlu nie wystarcza spełnienie warunku izokinetycznego zasysania dla dowolnej głowicy sondy. Należy wykazać, posługując się np. metodą badania ruchu cząstek stałych, jaki kształt głowicy i jaki stosunek prędkości $k = w_g/w_p$ są faktycznie optymalne w rozumieniu gwarantowania pewnego żędanego poziomu dokładności tego poboru.

Na metodę badania ruchu aeroszlu w rejonie wlotu do sond pyłowych składają się: sposób wyznaczania trajektorii cząstek stałych poprzedzony niezbędnymi pomiarami i obliczeniami dotyczącymi fazy gazowej oraz określone kryterium oceny dokładności poboru. Badania tę metodą, której schemat przedstawia rys. 1, obejmą różne warianty kształtów głowic dla różnych stosunków prędkości k .



Rys. 1. Schemat metody badania ruchu aerozolu w rejonie wlotu do sondy pyłowej

Fig. 1. Scheme of the method of aerosol movement testing in the area of dust sampling probe inlet

Zbadanie każdego z wariantów polega na:

- zmierzeniu pola prędkości gazu $w(x,y)$ w całej strefie zaburzenia przepływu,
- ustaleniu, za pomocą programu komputerowego (A), pola prędkości $w_x(x,y)$ oraz $w_y(x,y)$,
- uwzględnieniu wielkości k jako trzeciej zmiennej w funkcjach $w_x(x,y,k)$ oraz $w_y(x,y,k)$ w wyniku obliczeń wg programu aproksymacyjnego (B),
- obliczeniu, za pomocą opracowanego programu komputerowego (C), współrzędnych trajektorii cząstek stałych w polu $\vec{w}(x,y)$.

Wyniki takiego kompleksowego zbadania wielu wariantów geometryczno-kinetycznych polegać będą na analizie porównawczej, której rezultatem będzie wybór wariantu optymalnego na podstawie określonego kryterium oceny dokładności poboru cząstek stałych o różnej gęstości i różnych rozkładach wielkości.

USTALENIE POLA PRĘDKOŚCI GAZU W REJONIE WLOTU DO SONDY

Podstawą metody badawczej sond jest wyznaczenie pola prędkości gazu w strefie zaburzenia przepływu powstającej w pobliżu wlotu do sondy o określonej głowicy i przy określonym stosunku prędkości k . Sprawdzeniu odpowiedniej techniki anemometrycznej służyły badania wstępne [7]. Wykazały one, że eksperymentalne wyznaczenie składowych prędkości gazu $w_x(x,y)$ a szczególnie $w_y(x,y)$ w strefie przed wlotem do sondy jest niezmiernie trudne. Dokonywanie takich pomiarów z dużą dokładnością jest możliwe w przypadku dysponowania tunelem aerodynamicznym dużej wielkości oraz anemometrem laserowym ze specjalnym wyposażeniem. Aparatura taka, pomimo długotrwałych starań o nią, okazała się dla nas nieosiągalna. W warunkach realizacji omawianej pracy najlepszą dokładność uzyskuje się w przypadku pomiaru wartości prędkości wypadkowej gazu $w(x,y)$, stosując do tego celu anemometr z gorącym drutem DISA 55 M10 z czujnikiem 55P11 oraz tunel aerodynamiczny o wielkości pozwalającej na badania sond w skali naturalnej. Opierając się na pomiarach wartości prędkości wypadkowej konieczne staje się opracowanie obliczeniowego sposobu wyznaczenia pola wektorowego $\vec{w}(x,y)$, czyli określających je dwóch pól skalarowych $w_x(x,y)$ oraz $w_y(x,y)$ (w układzie współrzędnych Oxy jak na rys. 2):

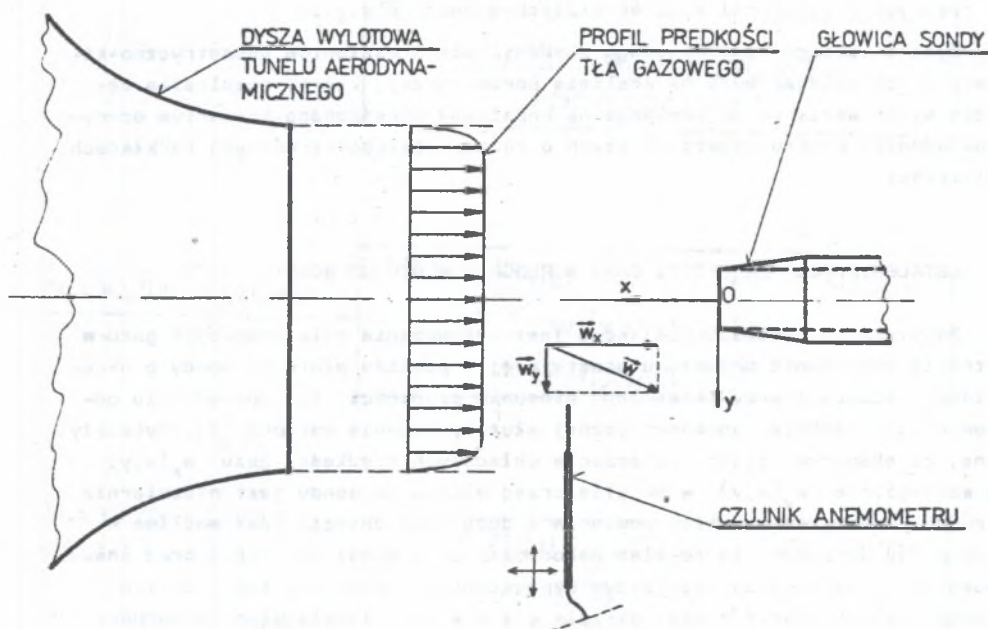
$$\vec{w}_x + \vec{w}_y = \vec{w} \quad (1)$$

Sposób ten polega na wykorzystaniu pochodzącej z pomiarów dyskretnej zależności $w(x,y)$ oraz posłużeniu się pewnymi zależnościami między skalarowymi funkcjami w_x , w_y i w . Zapisowi wektorowemu (1) odpowiada zapis skalarowy związku w_x , w_y i w :

$$w_x^2 + w_y^2 = w^2 \quad (2)$$

Równanie (2) nie jest naturalnie wystarczające do ustalenia funkcji w_x i w_y na podstawie znajomości w . Wprowadzamy więc dodatkowo równanie ciągłości przepływu gazu:

$$\frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} = 0 \quad (3)$$



Rys. 2. Prędkości składowe gazu w rejonie wlotu do sondy pyłowej
Fig. 2. Components of gas velocity in the area of dust sampling probe inlet

Ponieważ przepływ, którego opisu poszukujemy jest 2-wymiarowy, korzystamy ze szczególnej formy równania (3), czyli z istnienia funkcji prądu (x,y) wiążącej składowe prędkości gazu:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial y} = w_x \quad (4)$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} = -w_y \quad (5)$$

Powstaje do rozwiązania układ trzech równań (2), (4) i (5) z trzema niewiadomymi: $w_x(x,y)$, $w_y(x,y)$ i $\Psi(x,y)$. Po podstawieniu (4) i (5) do (2) otrzymujemy:

$$\left(\frac{\partial \Psi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Psi}{\partial x}\right)^2 - w^2 = 0 \quad (6)$$

Do rozwiązania szczegółowego równania (6), tzn. dla konkretnego przypadku stabilizowanej funkcji $w(x,y)$, dochodzimy na drodze obliczeń numerycznych (program A). Wynikiem są wielomianowe funkcje $w_{x,y}(x,y)$ obowiązujące dla danego wariantu kształtu głowicy oraz konkretnej wartości stosunku prędkości k .

Aby nadać wpływowi wielkości k na pola $w_x(x,y)$ i $w_y(x,y)$ charakter analityczny, ciągły, dokonuje się przy zastosowaniu programu aproksymacyjnego (B) włączenia wielkości k jako trzeciej zmiennej funkcji wielomianowych, określających zależności $w_x(x,y,k)$ i $w_y(x,y,k)$.

OBLICZANIE POLA PRĘDKOŚCI CZĄSTEK STAŁYCH W REJONIE WLOTU DO SONDY

Opisanie ruchu cząstek stałych, jako bezpośrednie narzędzie oceny zjawiska pobierania sondą próbki aerozolu, ma tu za swe zadanie doprowadzenie do zapisów na pole prędkości i finalnie trajektorii tych cząstek. Zadanie to sprowadza się do rozwiązania równań rządzących ruchem cząstek niesionych przez poruszający się gaz, funkcjonujących w określonym modelu zjawiska ruchu aerozolu.

Przy następujących ogólnych założeniach:

- śledzona jest w przepływie pojedyncza cząstka pyłu i nie zachodzi wzajemne oddziaływanie pędzących w dużej liczbie poszczególnych cząstek na siebie (brak wpływu stężenia na tor ruchu cząstek),
- rozpatruje się cząstkę o niezmiennym kształcie kuli, gładkiej powierzchni, niezmiennej gęstości,
- przepływ gazu jest pionowy i izotermiczny,

do opisanie ruchu cząstki posługujemy się rozpisaniem d'Alembertowskiej zasady kinetostatyki odniesionych do składowych prostoliniowych ruchów (w ogólnym przypadku nieustalonych) tejże cząstki. Forma skalarowa tego zapisu bilansu sił działających w kierunku "1" na cząstkę jest następująca:

$$m \frac{dv_1}{dt} = F_1 + R_1 \quad (7)$$

gdzie: $m = \rho_p \frac{\pi d^3}{6}$ jest masą cząstki; F_1 - wypadkową siłę zewnętrzną działającą na cząstkę, R_1 - siłę oporu ośrodka stawianą poruszającą się względem niego cząstce.

Jeśli ruch względny cząstki odbywa się przy dużych liczbach Re , to siłę oporu zapisujemy wprost jako niezależną od czasu:

$$R_1 = \phi_1 \frac{\pi d^2}{4} \rho \frac{|w_1 - v_1|(w_1 - v_1)}{2} \quad (8)$$

a całe równanie (7) jako:

$$\frac{\pi d^3}{6} \rho_p \frac{dv_1}{dt} = F_1 + \phi_1 \frac{\pi d^2}{8} \rho |w_1 - v_1|(w_1 - v_1) \quad (9)$$

Jeśli względny ruch cząstki w jakimkolwiek układzie dwufazowym jest laminarny, to posługujemy się uogólnionym zapisem siły oporu, która obok ustalonego składnika w postaci siły Stokesa uwzględnia także efekty niestacjonarne wynikające ze straty energii na rzecz przyspieszanego ośrodka odpowiadający zjawisku tzw. "powiększonej" masy cząstki oraz tzw. siłę Basseta.

W przypadku układów 2-fazowych z nośnikiem gazowym, tj. gdy zachodzi $\rho \ll \rho_p$, czyli z takim, z jakim mamy do czynienia w rozpatrywanym zagadnieniu, udział poszczególnych składników siły oporu jest taki, że możemy pominąć [8, 9] siłę "powiększonej" masy oraz człon Basseta.

Wobec powyższego dla naszego przypadku możemy zapisać jedno tylko uniwersalne równanie obowiązujące z wystarczającą dokładnością w obu zakresach ruchu; różne jego odpowiedniki znajdują się w rozwiązaniach analogicznych lub pokrewnych zagadnień z mechaniki aerozoli [3-5, 8-17].

Równanie to, przy ostatnim uproszczeniu, jakie tu czynimy bez uszczerbku dla potrzebnej nam dokładności przyszłych obliczeń, a mianowicie pominięciu siły wyporu cząstki i sprowadzeniu tym samym siły F_1 do oddziaływania grawitacyjnego, przedstawia się dla pionowego kierunku rzutowania sił następująco:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{3}{4} \phi \frac{\rho}{\rho_p} \frac{1}{d} |w-v|(w-v) \pm g \quad (10)$$

W równaniu tym współczynnik oporu ϕ przyjmuje różne wartości, począwszy od stokesowskiego $\phi = \frac{24}{Re}$ dla bardzo małych liczb Re .

Przy uwzględnianiu przestrzenności geometrycznej omawianego zjawiska i położenia sondy w dwóch interesujących nas wariantach, tj. dla 2-wymiarowego przepływu gazu pionowo w górę i w dół, różniczkowy zapis ruchu cząstki przybiera w konsekwencji równania (10) następującą postać ważną dla obu wariantów:

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{3}{4} \phi_x \frac{\rho}{\rho_p} \frac{1}{dp} |w_x - v_x| (w_x - v_x) + \alpha g \quad (11)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = \frac{3}{4} \phi_y \frac{\rho}{\rho_p} \frac{1}{dp} |w_y - v_y| (w_y - v_y) \quad (12)$$

gdzie:

$$\alpha = \begin{cases} +1 & \text{dla przepływu gazu pionowo w dół} \\ -1 & \text{dla przepływu gazu pionowo w górę} \end{cases}$$

$$\phi_x = f(Re_x) = f\left(\frac{|w_x - v_x| d \rho}{\mu}\right) \quad (13)$$

$$\phi_y = f(Re_y) = f\left(\frac{|w_y - v_y| d \rho}{\mu}\right) \quad (14)$$

Z punktu widzenia matematycznej strony metody rozwiązania równań (11) i (12) zasadnicze znaczenie ma sposób zdefiniowania funkcji (13) i (14).

Winny one mianowicie mieć postać:

$$\phi_{x,y} = \frac{A_{x,y}}{Re_{x,y}} + B_{x,y} \quad (15)$$

gdzie: $A_{x,y}$, $B_{x,y}$ - współczynniki.

W badanym zjawisku względnego ruchu cząstek pyłu w transportowanych przewodach aerozolu przemysłowych mamy do czynienia zasadniczo z ruchem laminarnym, ale należy się też liczyć z ruchem przejściowym. Odpowiednie zatem zakresy liczb Reynoldsa należy brać pod uwagę, jeżeli chodzi o wielkości Re_x i Re_y oparte na względnych prędkościach składowych.

Analiza porównawcza liczyń, tak znanych, jak i mniej powszechnych opisów zależności współczynnika oporu gładkiego kulistego ciała od liczby Re wykazała dla $Re > 0,2$ dość wyraźnie rozbieżne przebiegi [7]. W takiej sytuacji możliwa jest do przyjęcia kolejna zależność, utworzona przez nas sztucznie dla potrzeb bieżących, jedynie na podstawie założenia aproksymowania pewnego przebiegu uśredniającego pewną grupę istniejących zależności [7] oraz założenia niezmiennej postaci hiperbolicznej (15).

Dla obu kierunków rzutowania sił i prędkości x i y obowiązuje zatem sposób obliczania współczynnika oporu wg wzoru (15) oraz następującej korelacji dla współczynników $A_{x,y}$ i $B_{x,y}$ (tabl. 1).

Możliwość operowania uniwersalną funkcją typu (15) sprowadza równania (11) i (12) do zapisów:

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{3}{4} \left[\frac{A_x \mu}{|w_x - v_x| \rho_p \rho} + B_x \right] \frac{\rho}{\rho_p} \frac{1}{dp} |w_x - v_x| (w_x - v_x) + \alpha g \quad (16)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = \frac{3}{4} \left[\frac{A_{y,\mu}}{|w_y - v_y| \frac{d}{\rho}} + B_y \right] \frac{\rho}{\rho_p} \frac{1}{d_p} |w_y - v_y| (w_y - v_y) \quad (17)$$

gdzie: A_x , B_x oraz A_y , B_y oznaczają wartości obowiązujące wg tabl. 1 odpowiednio dla Re_x oraz Re_y .

Taka, a nie inna, postać wzorów (16) i (17) pozwala poprzez kolejne całkowania na uzyskanie zapisów na położenie i prędkości składowe cząstki w zależności od pola prędkości gazu i parametru czasu. Odpowiedni program iteracyjny (C) pozwala przy użyciu tych zapisów na stabilizowanie wartości prędkości składowych $v_{x,y}(x,y)$ oraz współrzędnych trajektorii.

Tablica 1

Wartości współczynników $A_{x,y}$ oraz $B_{x,y}$ we wzorze (15)

$Re_{x,y}$	$A_{x,y}$	$B_{x,y}$
$Re_{x,y} \leq 0,25$	24	0
$0,25 < Re_{x,y} \leq \frac{25}{18}$	23	4
$\frac{25}{18} < Re_{x,y} \leq 2$	28	0,4
$2 < Re_{x,y} \leq 4,5$	24,4	2,2
$4,5 < Re_{x,y} \leq 10$	28	1,4
$10 < Re_{x,y} \leq \frac{164}{3,5}$	35	0,7
$\frac{164}{3,5} < Re_{x,y} \leq 200$	51,4	0,35

PODSUMOWANIE

- Opracowana została metoda wyznaczania na drodze obliczeniowej (z wykorzystaniem komputera) trajektorii kulistych cząstek stałych na podstawie pomiarów wartości prędkości wypadkowych gazu niosącego cząstki w przewodach pionowych - dla różnych przypadków warunków geometrycznych i kinetycznych zasysania aerozolu.
- Trajektorie cząstek stałych o różnej gęstości i wielkości wyznaczone ww. metodą, dla różnych badanych przypadków kształtu głowicy sond i stosunku prędkości w_s/w_p służyć mogą ocenie każdego z tych przypadków, na podstawie określonego kryterium oceny dokładności poboru aerozolu, co umożliwi znalezienie optymalnej, wg przyjętego kryterium oceny, kombinacji kształtu głowicy sondy i stosunku prędkości w_s/w_p .

WAŻNIEJSZE OZNACZENIA

$A_{x,y}, B_{x,y}$	- stałe we wzorze (15)
d_p	- średnica cząstki stałej
$k = \frac{w_a}{w_p}$	- stosunek prędkości określający kinetyczne warunki poboru
Re	- liczba Reynoldsa dla cząstki stałej
v	- prędkość wypadkowa cząstki stałej
v_x, v_y	- prędkości składowe cząstki stałej
w	- prędkość wypadkowa gazu
w_x, w_y	- prędkości składowe gazu
w_s	- średnia prędkość osiowa gazu w otworze wlotowym sondy
w_p	- prędkość niezakłóconego przepływu gazu odpowiadająca prędkości gazu w przewodzie
μ	- współczynnik lepkości dynamicznej gazu
ρ	- gęstość gazu
ρ_p	- gęstość cząstki stałej (pyłu)
τ	- czas
ϕ	- współczynnik oporu ośrodka
Ψ	- funkcja prądu

LITERATURA

- [1] Sprawozdanie z Etapu 1 pracy NB-598/RI-1/86 - praca zbiorowa, Politechnika Śl., Gliwice 1986.
- [2] Winkel A.: Stromungstechnische Untersuchungen mit Hilfe von Heisseleitern, dargestellt am Beispiel der Entnahmesonden. Staub-Reinhalt. Luft, vol. 27, 1967, Nr 12 (Dez), s. 551-554.
- [3] Bohnet M.: Staubgehaltsbestimmung in strömenden Gasen mit Abseug-Sonden, Einfluss der nicht - geschwindigkeitsgleichen Teilstrom - Entnahme. Chemie - Ing. - Techn., 39. Jahrg. 1967/Heft 16, s. 937-992.
- [4] Geipel W.: Untersuchungen zur Staubemissionsmessung. Technische Universität München, 1979 (praca doktorska).
- [5] Wiedemann R.: Untersuchungen an Kaskaden - Impaktoren. Technische Universität München, 1982 (praca doktorska).
- [6] Air Pollution Control, Part III (pod red. W. Straussa) Wyd. J. Wiley and Sons, Inc. 1978 s. 79-119.
- [7] Sprawozdanie z Etapu 2 pracy NB-598/RI-1/86 - praca zbiorowa, Politechnika Śl. Gliwice 1987.
- [8] Fuchs N.A.: The Mechanics of Aerosols. Pergamon Press 1964.
- [9] Nilmatulin R.J.: Osnovy mecheniki gietierogiennykh eriad. Nauka, Moskwa 1978.

$$\frac{dv_y}{dt} = \frac{3}{4} \left[\frac{A_y \mu}{|w_y - v_y| \frac{\rho}{\rho_p}} + B_y \right] \frac{\rho}{\rho_p} \frac{1}{d_p} |w_y - v_y| (w_y - v_y) \quad (17)$$

gdzie: A_x , B_x oraz A_y , B_y oznaczają wartości obowiązujące wg tabl. 1 odpowiednio dla Re_x oraz Re_y .

Taka, a nie inna, postać wzorów (16) i (17) pozwala poprzez kolejne całkowania na uzyskanie zapisów na położenie i prędkości składowe cząstki w zależności od pola prędkości gazu i parametru czasu. Odpowiedni program iteracyjny (C) pozwala przy użyciu tych zapisów na stabilizowanie wartości prędkości składowych $v_{x,y}(x,y)$ oraz współrzędnych trajektorii.

Tablica 1

Wartości współczynników $A_{x,y}$ oraz $B_{x,y}$ we wzorze (15)

$Re_{x,y}$	$A_{x,y}$	$B_{x,y}$
$Re_{x,y} \leq 0,25$	24	0
$0,25 < Re_{x,y} \leq \frac{25}{18}$	23	4
$\frac{25}{18} < Re_{x,y} \leq 2$	28	0,4
$2 < Re_{x,y} \leq 4,5$	24,4	2,2
$4,5 < Re_{x,y} \leq 10$	28	1,4
$10 < Re_{x,y} \leq \frac{164}{3,5}$	35	0,7
$\frac{164}{3,5} < Re_{x,y} \leq 200$	51,4	0,35

PODSUMOWANIE

- Opracowana została metoda wyznaczania na drodze obliczeniowej (z wykorzystaniem komputera) trajektorii kulistych cząstek stałych na podstawie pomiarów wartości prędkości wypadkowych gazu niosącego cząstki w przewodach pionowych - dla różnych przypadków warunków geometrycznych i kinetycznych zasysania aerozolu.
- Trajektorie cząstek stałych o różnej gęstości i wielkości wyznaczone ww. metodą, dla różnych badanych przypadków kształtu głowicy sond i stosunku prędkości w_s/w_p służyć mogą ocenie każdego z tych przypadków, na podstawie określonego kryterium oceny dokładności poboru aerozolu, co umożliwi znalezienie optymalnej, wg przyjętego kryterium oceny, kombinacji kształtu głowicy sondy i stosunku prędkości w_s/w_p .

WAŻNIEJSZE OZNACZENIA

$A_{x,y}, B_{x,y}$	- stałe we wzorze (15)
d_p	- średnica cząstki stałej
$k = \frac{w_B}{w_P}$	- stosunek prędkości określający kinetyczne warunki poboru
Re	- liczba Reynolda dla cząstki stałej
v	- prędkość wypadkowa cząstki stałej
v_x, v_y	- prędkości składowe cząstki stałej
w	- prędkość wypadkowa gazu
w_x, w_y	- prędkości składowe gazu
w_s	- średnia prędkość osłowa gazu w otworze wlotowym sondy
w_p	- prędkość niezakłóconego przepływu gazu odpowiadająca prędkości gazu w przewodzie
μ	- współczynnik lepkości dynamicznej gazu
ρ	- gęstość gazu
ρ_p	- gęstość cząstki stałej (pyłu)
τ	- czas
ϕ	- współczynnik oporu ośrodka
Ψ	- funkcja prądu

LITERATURA

- [1] Sprawozdanie z Etapu 1 pracy NB-598/RI-1/86 - praca zbiorowa, Politechnika Śl., Gliwice 1986.
- [2] Winkel A.: Stromungstechnische Untersuchungen mit Hilfe von Heissleitern, dargestellt am Beispiel der Entnahmesonden. Staub-Reinhalt. Luft, vol. 27, 1967, Nr 12 (Dez), s. 551-554.
- [3] Bohnet M.: Staubgehaltsbestimmung in strömenden Gasen mit Abseug-Sonden, Einfluss der nicht - geschwindigkeitsgleichen Teilstrom - Entnahme. Chemie - Ing. - Techn., 39. Jahrg. 1967/Heft 16, s. 937-992.
- [4] Geipel W.: Untersuchungen zur Staubemissionsmessung. Technische Universität München, 1979 (praca doktorska).
- [5] Wiedemann R.: Untersuchungen an Kaskaden - impaktoren. Technische Universität München, 1982 (praca doktorska).
- [6] Air Pollution Control, Part III (pod red. W. Straussa) Wyd. J. Wiley and Sons, Inc. 1978 s. 79-119.
- [7] Sprawozdanie z Etapu 2 pracy NB-598/RI-1/86 - praca zbiorowa, Politechnika Śl., Gliwice 1987.
- [8] Fuchs N.A.: The Mechanics of Aerosols. Pergamon Press 1964.
- [9] Niimatulin R.J.: Osnovy mekhaniki gietierogiennykh sried. Nauka, Moskwa 1978.

- [10] Budziński K.: Kryteria pobierania prób zapyłonego gazu z przepływającego strumienia. Ochrona Pracy, 1964, Nr 11, s. 11-15.
- [11] Pałasz J.: Kształtowanie przepływu gazów w piecach przemysłowych z uwagi na zmniejszenie ilości unoszonego pyłu. Politechnika Śl., Gliwice 1978 (praca doktorska).
- [12] Ławrow B.E., Pałatnik I.B.: K ocienkie kinetyczeskoj koagulacji aerozola w trubie Wienturi. Problemy ciepłoeniergietyki i prikladnoj tieplofiziki. Wyp. 5/1969.
- [13] Addelee A.J.: Anisokinetic sampling of Aerosols at a Slot Intake. J. Aerosol Sci., vol. 11, 1980, Nr 5/6, s. 483-493.
- [14] Aerogidrodinamika smiesiej (otw. ried. D.F. Fajzulajew), FAN, Taszkient 1983, s. 136-139.
- [15] Chomiak J.: O zagadnieniu odbioru próbek przepływającego czynnika heterogenicznego. Pomiarzy, Automatyka, Kontrola, 1965, Nr 11, s. 495-498.
- [16] Hermann J.: Staub in Turbulenter Gasströmung - Staubverteilung und messtechnische Probleme. Technische Universität München, 1976 (praca doktorska).
- [17] Rüping G.: Bedeutung der geschwindigkeitsgleichen Abspugung bei der Staubstrommessung mittels Entnahmesonden Staub-Reinhalt. Luft, vol. 28, 1968, Nr 4 (April) s. 137-144.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АЭРОЗОЛЯ
В ОБЛАСТИ ВХОДА В ПЫЛЕВОЙ ЗОНД

Р е з ю м е

В докладе обсужден метод исследования движения аэрозоля в области входа в пылевой зонд. Этот метод позволяет определить траекторию движения газовой и пылевой фаз. Он опирается на экспериментальное поле скоростей газа в области входа в зонд, и расчетную процедуру определения траектории движения твердой фазы. Полученные расчеты разрешают провести анализ точности отбора проб аэрозоля зондом и определить лучшие условия зазасывания проб.

AEROSOL MOVEMENT TESTS IN DUST PROBE NOZZLE REGION

S u m m a r y

The paper presents a method of aerosol movement testing in the region of a dust nozzle owing to which it is possible to determine the paths of gas and dust phases. The method is based on the experimental field of gas velocity in the region of the probe nozzle as well as on a calculation procedure of the solid phase path determination. The results obtained make it possible to analyze the accuracy of aerosol sampling with the probe and thus to choose the most advantageous conditions of the sample drawing.