

# ENERGETYKA z. 13

MARCELI BARAN

**WPŁYW PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH ŻALUZJI  
NA SKUTECZNOŚĆ  
ŻALUZJOWEGO ODPYLACZA SPALIN KOTŁOWYCH**

20-LECIE  
POLITECHNIKI  
ŚLĄSKIEJ

**P O L I T E C H N I K A   Ś L Ą S K A**  
**ZESZYT NAUKOWY Nr 100 – GLIWICE 1964**

## SPIS TREŚCI

1. WSTĘP . . . . .	7
2. KONSTRUKCJA I DZIAŁANIE ODPYLACZY ŻALUZJOWYCH . . . . .	9
2.1. Konstrukcja odpylaczy żaluzjowych . . . . .	9
2.2. Opis działania odpylaczy żaluzjowych . . . . .	9
2.3. Charakterystyczne cechy odpylaczy żaluzjowych . . . . .	11
2.4. Rozpowszechnienie odpylaczy żaluzjowych w kraju i za granicą . . . . .	11
3. SKUTECZNOŚĆ DZIAŁANIA ŻALUZJOWEGO ODPYLACZA SPALIN Z CYKLONEM WYTRACAJĄCYM . . . . .	12
3.1. Skuteczność ogólna, skuteczność graniczna, skuteczność przedziałowa działania odpylacza spalin . . . . .	12
3.2. Skuteczność działania żaluzjowego odpylacza z cyklonem wytracającym . . . . .	14
4. RÓWNANIA RUCHU ZIARNA SOLIDUSU W STRUMIENIU GAZU . . . . .	16
4.1. Przepływ gazu z dołu do góry. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu-laminarny (w zakresie prawa Stokesa) . . . . .	16
4.2. Przepływ gazu w przewodzie pionowym z góry w dół. Ruch względny ziarna — w zakresie prawa Stokesa . . . . .	21
4.3. Przepływ gazu z dołu do góry. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu - burzliwy (w zakresie prawa Newtona) . . . . .	22
4.4. Przepływ gazu w przewodzie pionowym z góry w dół. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu — w zakresie prawa Newtona . . . . .	26
4.5. Przepływ gazu w przewodzie poziomym. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu — w zakresie prawa Stokesa . . . . .	27
4.6. Przepływ gazu w przewodzie poziomym. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu w zakresie prawa Stokesa . . . . .	27
4.7. Przepływ solgazu po łuku (jak przy wejściu do szczeliny między łopatkami żaluzji) . . . . .	32
5. UOGÓLNIONE BEZWYMIAROWE RÓWNANIE KRYTERIALNE NA PRZEDZIAŁOWĄ SKUTECZNOŚĆ ODPYLAJĄCEGO DZIAŁANIA ŻALUZJI . . . . .	33
6. OPIS I DANE TECHNICZNE INSTALACJI DOŚWIADCZALNEJ — TECHNIKA BADAŃ . . . . .	37
6.1. Dobór podstawowych parametrów instalacji doświadczalnej . . . . .	37
6.2. Dobór charakterystyki pyłu użytego do badań i wielkości próbek . . . . .	41
6.3. Technika badań . . . . .	43
7. WYNIKI BADAŃ I ICH OPRACOWANIE . . . . .	46
7.1. Wykonane badania . . . . .	46
7.1.1. Wyznaczenie wpływu kąta $\beta$ na skuteczność żaluzji . . . . .	46
7.1.2. Wyznaczenie wpływu stopnia zapylenia spalin na skuteczność żaluzji . . . . .	47
7.1.3. Wpływ szerokości łopatek na skuteczność żaluzji . . . . .	49
7.1.4. Wyznaczenie wpływu $\frac{c_2}{c_1}$ na skuteczność żaluzji . . . . .	50
7.1.5. Wyznaczenie wpływu modułów bezwymiarowych $Stk$ , $Fr$ , $\frac{L}{h}$ na przedziałową skuteczność żaluzji . . . . .	51
7.2. Opracowanie wyników doświadczeń . . . . .	52
7.2.1. Równanie korelacyjne dla zakresu liczby Stokesa $0,3 \leq Stk \leq \leq 407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,734}$ . . . . .	53
7.2.2. Równanie korelacyjne dla zakresu liczby Stokesa $407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,734} \leq Stk \leq 152$ . . . . .	62
7.2.3. Równanie korelacyjne dla liczby Stokesa $Stk \geq 152$ . . . . .	65
8. PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ Z DANymi Opublikowanymi W LITERATURZE TECHNICZNEJ . . . . .	68
9. OMÓWIENIE I ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ . . . . .	70
10. WNIOSKI . . . . .	74
LITERATURA . . . . .	76

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ZESZYTY NAUKOWE

Nr 100

Dr inż. MARCELI BARAN

**WPŁYW PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH ŻALUZJI  
NA SKUTECZNOŚĆ  
ŻALUZJOWEGO ODPYLACZA SPALIN KOTŁOWYCH**

PRACA HABILITACYJNA Nr 33

Data otwarcia przewodu habilitacyjnego 18. XI. 1963 r.

REDAKTOR NACZELNY ZESZYTÓW NAUKOWYCH  
POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

*Fryderyk Staub*

REDAKTOR DZIAŁU

*Ryszard Petela*

SEKRETARZ REDAKCJI

*Tadeusz Matula*

Dział Nauki — Sekcja Wydawnictw Naukowych — Politechniki Śląskiej  
Gliwice, ul. Konarskiego 23

---

Nakł. 200+45 Ark. wyd. 6,5 Ark. druk. 7,2 Papier offsetowy kl. V 70X100, 70 g  
Oddano do druku 11. 1. 1964 Podpis. do druku 8. 2. 1964 Druk ukończ. w lutym 1964  
Zamówienie nr 91 11. 1 1964 B-17 Cena zł 8,10

---

Wykonano w Zakładzie Graficznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach

## SPIS RYSUNKÓW

1. Schemat instalacji badawczej żaluzjowego odpylacza spalin.
2. Instalacja badawcza - fragment żaluzji podczas pomiaru.
3. Instalacja badawcza - widok ogólny.
4. Charakterystyka pyłu użytego do badań.
5. Charakterystyka pyłu wzorcowego I.
6. Zależność  $\eta$  od temperatury.
7. Liczby oporu dla ziarna pyłu (kuli).
8. Prędkości opadania ziarna pyłu (kuli).
9. Zależność  $\eta_{oż}$  od kąta  $\beta$  (przy  $\frac{L}{h} = 3$ ;  $t = 32^{\circ}\text{C}$ ).
10. Zależność  $\eta_{oż}$  od kąta  $\beta$  (przy  $\frac{L}{h} = 4,5$ ;  $t = 32^{\circ}\text{C}$ ).
11. Zależność  $\eta_{oż}$  od kąta  $\beta$  (przy  $\frac{L}{h} = 6$ ;  $t = 32^{\circ}\text{C}$ ).
12. Zależność  $\eta_{oż}$  od kąta  $\beta$  (przy  $c_1 = 6 \text{ m/s} = \text{idem}$ ;  $t = 243^{\circ}\text{C}$ ).
13. Zależność  $\eta_{oż}$  od stężenia zapylenia gazu  $S_r$ .
14. Zależność  $\eta_{oż}$  od stosunku  $\frac{b}{h}$ .
15. Zależność  $\eta_{oż}$  od stosunku  $\frac{c_2}{c_1}$ .
16. Zależność  $\eta_{oż}$  od prędkości  $c_1$ .
17. Zależność skuteczności przedziałowych żaluzji  $\eta_{pż}$  od liczby  $Stk$  (wyniki doświadczeń i ich korelacje).
18. Skuteczności przedziałowe żaluzjowych i cyklonowych odpylaczy spalin różnych konstrukcji.

## SPIS WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

- b - wysokość łopatek żaluzji
- c - prędkość bezwzględna
- P - pole przekroju
- Fr - liczba Frouda
- g - przyspieszenie ziemskie
- h - wysokość żaluzji
- l - podziałka łopatek żaluzji
- L - całkowita długość żaluzji
- m - masowe natężenie przepływu
- P - ciśnienie
- $\Delta h$  - różnica ciśnień - opory przepływu
- Re - liczba Reynoldsa
- $R_{p(d)}$  - udział wagowy poszczególnych frakcji w pyłe
- $S_r$  - czasowe stężenie zapylenia gazu
- Stk - liczba Stokesa
- t - temperatura
- $\dot{V}$  - objętościowe natężenie przepływu
- $Y_r$  - czasowy stopień zapylenia gazu
- $\beta$  - kąt pochylenia łopatek żaluzji
- $\nu$  - kinematyczny współczynnik lepkości
- $\eta$  - dynamiczny współczynnik lepkości
- $\eta_o$  - ogólna skuteczność działania odpylacza
- $\eta_{oi}$  - skuteczność ogólna instalacji doświadczalnej
- $\eta_{o\dot{z}}$  - skuteczność ogólna odpylającego działania żaluzji
- $\eta_{oc}$  - skuteczność ogólna odpylającego działania cyklonu
- $\eta_{po}$  - skuteczność przedziałowa odpylacza
- $\eta_{pc}$  - skuteczność przedziałowa cyklonu
- $\eta_{p\dot{z}}$  - skuteczność przedziałowa żaluzji
- $\xi$  - liczba oporu dla przepływu gazu w przewodzie

$\psi$  - liczba oporu ziarna

$\rho_s$  - gęstość solidusu

$\rho_g$  - gęstość gazu

$\varphi$  - stopień odsysania gazu

$\tau$  - czas

$a$  - krakowian stałych współczynników równań obserwacyjnych

$A$  - kwadrat krakowianu stałych współczynników

$r$  - pierwiastek kwadratowy postaci trójkątnej

$\tau$  - krakowian jednostkowy

$q$  - odwrotność krakowianu  $r$

$s$  - błąd

$F$  - błędność

$n$  - ilość punktów pomiarowych

$m$  - ilość niewiadomych

$v$  - odchyłka

## 1. W S T Ę P

Duże zapylenie atmosfery Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego [28], [29] i wynikające z niego konsekwencje dla życia biologicznego skłoniły Katedrę Kotłów i Siłowni Parowych Politechniki Śląskiej do podjęcia już w 1955 roku prac naukowo-badawczych nad odpylaczami spalin kotłowych, by przez opracowanie odpowiednich dla naszych warunków konstrukcji przyczynić się do zmniejszenia zapylenia terenów GOP.

Jednym z głównych źródeł zapylenia atmosfery GOP jest spalanie węgla w paleniskach kotłowych [2], [29]. Do odpylania spalin z kotłów pyłowych są powszechnie stosowane z dobrym skutkiem elektrofiltry. Natomiast dla kotłów rusztowych brak było w kraju odpowiedniej konstrukcji odpylacza. Najbardziej rozpowszechnione budowane na licencji sprzed 1940 r. odpylacze typu van Tongerena okazały się nieprzydatne - mała skuteczność (rys.18), ciężka i wymagająca dużo miejsca konstrukcja.

Dopiero w 1960 r. w oparciu o teoretyczne podstawy i wyniki doświadczeń zdobyte na zainstalowanych w kotłowniach GOP prototypach autor opracował konstrukcję cyklonowych odpylaczy spalin przeznaczoną głównie dla kotłów rusztowych i ewentualnie małych kotłów pyłowych. Odpylacze te, jak to potwierdziły wielokrotne pomiary [7][30], osiągają dla kotłów rusztowych skuteczność ogólną ok. 90% przy oporach  $\Delta h \approx 490 \text{ N/m}^2$  ( $\approx 50 \text{ mm H}_2\text{O}$ ) i stosunkowo trwałej a prostej i taniej konstrukcji (dla kotłów pyłowych skuteczność ok. 83% przy takich samych oporach przepływu).

Według pomiarów [30] cyklonowe odpylacze autora należą do najskuteczniejszych z dotychczas w kraju budowanych.

Prosta i tania konstrukcja a stosunkowo wysoka skuteczność odpylania spalin przy małych oporach przepływu sprawiły, że cyklony te są obecnie w kraju powszechnie stosowane do odpylania spalin kotłów rusztowych, a także małych jednostek pyłowych.

Na podstawie wyników pomiarów autor w 1960 r. opracował "Wytyczne doboru i konstrukcji cyklonowych odpylaczy spalin dla kotłów rusztowych", według których odpylacze te są projektowane i konstruowane. Należy nadmienić, że wytyczne te i przykładowe rozwiązanie odpylacza dla kotła rusztowego OR-32 zostały przekazane przez Energetykę do ZSRR w ramach współpracy naukowo-technicznej.

Dla zmniejszenia istniejącego zapylenia terenów GOP koniecznym jest instalowanie odpylaczy spalin nie tylko dla kotłów nowo budowanych, ale także dla istniejących, emitujących duże ilości pyłu.

Dla kotłów istniejących, gdzie najczęściej nie ma miejsca na odpylacz i związany z nim wentylator ciągu, brak w kraju takiej konstrukcji odpylacza, która charakteryzowałaby się małymi wymiarami pozwalającymi na zabudowanie jej w istniejących przewodach spalin oraz małymi oporami przepływu a stosunkowo dobrą skutecznością.



Mając na uwadze częstą potrzebę takiego odpylacza dla istniejących kotłów rusztowych autor podjął prace nad odpylaczem żaluzjowym, który jego zdaniem dla takich warunków jest najbardziej przydatny mimo mniejszej skuteczności w porównaniu z opracowanymi odpylaczami cyklonowymi.

O potrzebie odpylacza charakteryzującego się małymi wymiarami i małymi oporami świadczą prowadzone także badania w Zakładzie Badań i Pomiarów "Energopomiar" w Gliwicach nad odpylaczem "spiralnym" i prace PAN - Zakład Badań Naukowych GOP w Zabrzu nad odpylaczem pod nazwą "filtr wirowy".

W ramach pracy doktorskiej, zakończonej publiczną dyskusją 29.9.1962 r., autor zbadał wpływ parametrów konstrukcyjnych żaluzji i charakterystyki pyłu na liczbę oporu dla przepływu solgazu przez żaluzję i szczelinę odsysającą (rys.1) oraz wpływ zapylenia gazu na liczbę oporu cyklonu wytrącającego.

Na podstawie wyników doświadczeń opracowano równania korelacyjne na liczbę oporu żaluzji  $\xi_z$ , na liczbę oporu strugi odsysanej do cyklonu wytrącającego  $\xi_{ods}$  i na liczbę oporu dla cyklonu wytrącającego pył z zagęszczonej strugi gazu  $\xi_c$  [3].

Wykonane badania w ramach pracy doktorskiej wykazały możliwość i celowość budowy dla kotłów rusztowych odpylaczy żaluzjowych o małych oporach przepływu, dla strumienia głównego odpylanego w żaluzji rzędu 98-245 N/m<sup>2</sup> (10-25 mm H<sub>2</sub>O).

Wyniki badań pracy doktorskiej oraz potrzeby przemysłu GOP skłoniły autora do prowadzenia badań nad ustaleniem wpływu poszczególnych wielkości na przedziałową skuteczność żaluzji, aby w oparciu o wyniki doświadczeń opracować równania korelacyjne umożliwiające konstruowanie i dobieranie przemysłowych odpylaczy żaluzjowych dla zadanych warunków w istniejących kotłach rusztowych.

Jak to wynika z opisu działania i konstrukcji żaluzjowych odpylaczy (rozdz.2.1) główny strumień gazu stanowiący ok. 90% całkowitej ilości, jest odpylany tylko przez żaluzję, a zagęszczona pyłem wytrąconym przez żaluzję struga stanowiąca ok. 10% całkowitej ilości gazu w cyklonie wytrącającym.

Charakterystyki cyklonów były przedmiotem wielu badań, a wyniki ich są opublikowane w literaturze technicznej. Natomiast wpływ poszczególnych wielkości na odpylające działanie żaluzji dotychczas nie został wyznaczony.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu parametrów konstrukcyjnych żaluzji oraz parametrów solgazu na odpylające działanie żaluzji i w oparciu o rozważania teoretyczne i wyniki doświadczeń opracowanie naukowych podstaw dla projektowania i konstruowania żaluzjowych odpylaczy spalin kotłowych.

## 2. KONSTRUKCJA I DZIAŁANIE ODPYLACZY ŻALUZJOWYCH

### 2.1. Konstrukcja odpylaczy żaluzjowych

Zasadniczym elementem żaluzjowego odpylacza (rys.1) jest żaluzja zabudowana skośnie w prostym poziomym względnie pionowym prostokątnym odcinku drogi spalin. Przednia krawędź żaluzji (w kierunku przepływu spalin) przylega do ściany przewodu. Natomiast między tylną krawędzią żaluzji a ścianą przewodu utworzona jest jeszcze lina odsysająca zwykle równa ok. 10% powierzchni przekroju wlotowego.

Łopatki żaluzji najczęściej wykonane są z płaskowników stalowych (blacha) o grubości ok. 3 mm, szerokości ok. 50 mm, długość podyktowana jest wymiarami przewodu. W ZSRR [39], [40] stosowane są także kątowniki L 40x40. W dotychczasowych wykonaniach ZSRR podziałka łopatek w żaluzji, płaskowników względnie kątowników, wynosi zwykle  $l = 50$  mm, a kąt nachylenia do kierunku przepływu spalin  $\beta = 30^\circ$ .

Ilość łopatek i całkowita długość żaluzji  $L = n \cdot l$  dobierane są różnie, zależnie od istniejących warunków lokalnych i doświadczeń firm. Dla skrócenia długości żaluzji, względnie jeśli do dyspozycji jest tylko krótki odcinek przewodu, stosuje się dwie równoległe żaluzje lub też nawet przewód dzieli się na kilka równoległych odcinków i w nich zabudowuje żaluzje.

W najczęstszych wykonaniach przekrój szczeliny odsysającej (rys.1) jest równy ok. 10% przekroju wlotowego ( $F_3 = 0,1 F_1$ ). Wówczas ilość odsysanych do cyklonu zagęszczonych pyłem spalin stanowi również ok. 10% ( $\dot{V}_3 = 0,1 \dot{V}_1$ ;  $\varphi = 0,1$ ).

Stosowane są rozwiązania, w których ilość odsysanych spalin wynosi 20%, wtedy przekrój szczeliny odsysającej jest odpowiednio większy, aby utrzymać tę samą prędkość gazu w szczelinie odsysającej co w przestrzeni pod żaluzją.

Do wytrącenia pyłu z zagęszczonej strugi spalin zwykle stosowane są cyklony. Z uwagi na niewielką ilość odsysanych spalin wymiary cyklonów są małe, dzięki temu ich skuteczność wysoka.

Zamiast cyklonów mogą być stosowane inne konstrukcje np. filtry workowe, skrubery wodne. Jednak ze względu na niski koszt, łatwą eksploatację i dostatecznie dobrą skuteczność, cyklony są najbardziej rozpowszechnione.

### 2.2. Opis działania odpylaczy żaluzjowych

W żaluzjowym odpylaczu (rys.1) główny strumień zapylnych spalin na skutek istniejącej różnicy ciśnień przed i za żaluzją dzieli się na  $(z-1)$  cienkich strug ( $z$ -ilość łopatek), które przechodzą między łopatkami na drugą stronę żaluzji i do przewodu wylotowego.

Każda struga przy wejściu do żaluzji (do szczeliny między łopatkami) zmienia kierunek ruchu, wykonując zwrot o około  $(180-\beta)^\circ$  po łuku o promieniu, można założyć, równym w przybliżeniu połowie podziałki łopatek w żaluzji. Wówczas ziarna pyłu na skutek dużej różnicy gęstości  $\rho_s - \rho_g = \Delta\rho$  poruszają się po torach o znacznie mniejszej krzywiznie niż cząstki gazu. Dochodzą do łopatki, uderzają o nią, odbijają się wytraciwszy część prędkości, względnie ześlizgują się i opadają do dolnego strumienia gazu, gdzie następuje znaczne zagęszczenie pyłu, jak to widać na zdjęciu żaluzji (rys.2) wykonanym podczas pomiaru.

Mniejsze ziarna pyłu na skutek niewystarczającej prędkości promieniowej, wynikającej z małej masy cząsteczki, nie zdążą przejść przez strugę gazu i wydzielić się, pozostają w gazie, przechodzą przez żaluzję i unoszone są poza odpylacz (do atmosfery). Jak to wykazały badania i widać na zdjęciu żaluzji (rys.2) także nieznaczna ilość grubych frakcji na skutek rykoszetów i innych przypadkowych ruchów przechodzi przez żaluzję.

Aby ziarno pyłu zostało wytrącone musi mieć taką prędkość promieniową w kierunku do czołowej powierzchni łopatki, aby w czasie przejścia gazu przez łuk o kącie ok.  $90^\circ$ , na którym zachodzi wytrącanie ziarna, przebyło drogę do łopatki i uderzyło o nią poniżej linii dojścia gazu, jak to pokazano na szkicu rys.1a. Ziarna, które uderzą o łopatkę powyżej linii dojścia gazu, po odbiciu są zabierane przez gaz i unoszone poza żaluzję.

Ziarna pyłu znajdujące się na wewnętrznej powierzchni pojedynczych strug gazu mają dłuższą drogę do łopatki, tym samym zostaną tylko te wytrącone, których prędkość promieniowa będzie wystarczająco duża (większe).

Zagęszczone pyłem wytrąconym przez żaluzję spaliny (gaz) w ilości ok. 10% ( $\dot{V}_3 = 0,1 \dot{V}_1$ ) są odprowadzane z przestrzeni pod żaluzją do cyklonu wytrącającego. Z cyklonu odpylone spaliny zwykle ponownie wprowadzane są do głównego strumienia spalin za żaluzją.

Opory przepływowe spalin dla głównego strumienia przechodzącego przez żaluzję oraz dla odsysanego do cyklonu są różne. Dla strumienia głównego przechodzącego przez żaluzję ok.  $245 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 25 \text{ mm H}_2\text{O}$ ) przy prędkości  $c_1 = 12 \text{ m/s}$ , a dla strugi odsysanej przepływającej przez cyklon ok.  $600 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 59 \text{ mm H}_2\text{O}$ ).

Jeśli potrzebne  $\Delta h$  dla strumienia głównego płynącego przez żaluzję daje komin, do którego przyłączony jest kocioł, wówczas dla strugi odsysanej do cyklonu konieczny jest wentylator (rys.1b), gdyż z uwagi na znaczny opór cyklonu ok.  $490 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 50 \text{ mm H}_2\text{O}$ ) naturalny ciąg komina zazwyczaj nie wystarcza.

Gdy istnieją warunki można stosować większy stopień odsysania gazu do cyklonu wytrącającego np.  $\varphi = \frac{\dot{V}_3}{\dot{V}_1} = 0,20$ , gdyż jak to wynika z równania (4) wzrasta przez to wypadkowa skuteczność odpylacza (zespołu).

### 2.3. Charakterystyczne cechy odpylaczy żaluzjowych

Jak wynika z konstrukcji i działania odpylacze żaluzjowe w stosunku do innych typów odpylaczy bezwładnościowych charakteryzują się:

- 1) małymi wymiarami gabarytowymi,
- 2) bardzo małymi kosztami inwestycyjnymi, np. w stosunku do cyklonów jak ok. 1:5,
- 3) małymi oporami przepływu - według badań [3]: strumień główny ok.  $245 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 25 \text{ mm H}_2\text{O}$ ), strumień odsysany do cyklonu ok.  $500 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 59 \text{ mm H}_2\text{O}$ ),
- 4) dla kotłów rusztowych, jak potwierdziły badania i pomiary ruchowe [3], [30], osiągają skuteczność ogólną rzędu 70-80%.

Z powyższych względów nadają się szczególnie jako odpylacze spalin dla istniejących kotłów rusztowych, dla których zabudowanie odpylaczy innego typu np. cyklonowych jest kilkakrotnie droższe i trudne, a często niemożliwe z braku miejsca.

Również ze względu na wymienione zalety odpylacze żaluzjowe nadają się jako wstępne przy kombinacjach z elektrofiltrami np. dla kotłów pyłowych, kiedy wymagana jest bardzo wysoka skuteczność (97-99%) odpylania spalin.

### 2.4. Rozpowszechnienie odpylaczy żaluzjowych w kraju i za granicą

W kraju żaluzjowe odpylacze spalin są dotychczas stosowane bardzo rzadko z uwagi na brak danych dla ich konstruowania. Kilka instalacji zostało zaprojektowanych przez krajowe biura konstrukcyjne dla kotłów rusztowych. Na skutek braku wyników badań instalacje zostały zaprojektowane wadliwie i wyniki ruchu są niezadawalające (niska skuteczność odpylania).

Prototyp żaluzjowego odpylacza spalin skonstruowany przez autora pracy jest zainstalowany od 6 lat na kotle rusztowym 40/50 t/h, 40 atn,  $450^\circ\text{C}$  w Elektrowni "Jerzy" na Kopalni Wieczorek. Po przebudowie w 1961 r. w oparciu o wyniki badań na instalacji doświadczalnej odpylacz działa poprawnie - wg pomiarów [30] osiąga skuteczność ogólną w granicach 70-80%.

Druga instalacja, również dla kotła o tych samych danych w Elektrowni "Jerzy", zaprojektowana przez autora została oddana do ruchu pod koniec 1962 r.

Odpylacze żaluzjowe stosowane są do odpylania spalin kotłowych w Szwecji, Holandii, NRD, NRF, USA. Najbardziej jednak rozpowszechnione są w ZSRR i to zarówno dla kotłów rusztowych jak i pyłowych. WTI-Moskwa opracował kilka konstrukcji, które jako rozwiązania typowe stosowane są w przemyśle.

Żaluzje są również stosowane jako oddzielacze grubych frakcji pyłu w młynach węglowych (młyny wentylatorowe), a także jako klasyfikatory materiałów sypkich np. w przemyśle chemicznym USA.

### 3. SKUTECZNOŚĆ DZIAŁANIA ŻALUZJOWEGO ODPYLACZA SPALIN Z CYKLONEM WYTRĄCAJĄCYM

#### 3.1. Skuteczność ogólna, skuteczność graniczna, skuteczność przedziałowa działania odpylacza spalin

Skutecznością działania odpylacza nazywamy stosunek masy pyłu uchwyconego do masy pyłu wprowadzonego do odpylacza w jednostce czasu.

Zwykle skuteczność ogólną (średnią) działania odpylacza wyznacza się przez pomiar dwu z trzech podanych niżej wielkości:

$\dot{m}_0 = \dot{V}_0 S_0$  - ilość pyłu odprowadzonego w gazie z odpylacza w jednostce czasu,

$\dot{m}_z$  - ilość pyłu zatrzymanego (wytrąconego) w odpylaczu w jednostce czasu,

$\dot{m}_w = \dot{V}_w S_w$  - ilość pyłu wprowadzonego do odpylacza w jednostce czasu.

Zależnie od zmierzonych wielkości otrzymuje się trzy formy wzoru na skuteczność odpylacza:

$$\eta_o = \frac{\dot{m}_z}{\dot{m}_z + \dot{m}_0} \quad (1a)$$

$$\eta_o = \frac{\dot{m}_z}{\dot{m}_w} \quad (1b)$$

$$\eta_o = \frac{\dot{m}_w - \dot{m}_0}{\dot{m}_w} \quad (1c)$$

Jeśli znana jest ilość gazu i jego zapylenie, to  $\eta_0$  można wyznaczyć ze wzoru

$$\eta_0 = \frac{\dot{V}_w S_w - \dot{V}_o S_o}{\dot{V}_w S_w} \quad (2)$$

$\dot{V}_w$  - ilość gazu wprowadzona do odpylacza w jednostce czasu,

$\dot{V}_o$  - ilość gazu opuszczająca odpylacz w jednostce czasu,

$S_w$  - stężenie zapylenia gazu przed odpylaczem (czasowe),

$S_o$  - stężenie zapylenia gazu za odpylaczem (czasowe).

Gdy  $\dot{V}_o = \dot{V}_w$ , co ma miejsce w odpylaczach żaluzjowych to

$$\eta_0 = \frac{S_w - S_o}{S_w} = 1 - \frac{S_o}{S_w} \quad (3)$$

W technice odpylania rozróżniane są następujące skuteczności działania odpylacza:

- a) skuteczność ogólna (średnia),
- b) skuteczność graniczna,
- c) skuteczność przedziałowa.

Skuteczność ogólna (średnia) odnosi się do całkowitej masy pyłu doprowadzonego w spalinach do odpylacza. Określana jest według podanej definicji i wyznaczona z wzorów (1a, 1b, 1c). Skuteczność ogólna odpylacza jest funkcją parametrów konstrukcyjnych odpylacza oraz parametrów pyłu i gazu. Dlatego bez podania tych danych nie jest ona miarą jakości odpylacza, ani też nie może służyć jako wielkość porównawcza.

Skuteczność graniczna określa skuteczność działania odpylacza dla ziarn większych od podanego, np.  $> 20\mu$ . Wzory (1a, 1b, 1c) są również słuszne dla określenia skuteczności granicznej po zastąpieniu całkowitej masy, masą pyłu o ziarnistości większej od podanej wielkości ziarna np.  $> 20\mu$ . Skuteczność graniczna ma zastosowanie w separatorach cięż stałych, natomiast w odpylaczach spalin kotłowych nie jest używana.

Skuteczność przedziałowa określa skuteczność działania odpylacza dla oznaczonych przedziałów wymiarowych ziarn pyłu, zazwyczaj dla ujednoczonych przedziałów wymiarowych (frakcji) 0-10 $\mu$ , 10-20 $\mu$ , 20-30 $\mu$ , itd. i wyznaczana jest również wzorami (1a, 1b, 1c) po zastąpieniu całkowitej masy pyłu masą danej frakcji, dla której obliczona jest skuteczność działania odpylacza.

Skuteczności przedziałowe odpylacza można wyznaczyć doświadczalnie, stosując pył o określonych wymiarach ziarn. W praktyce skuteczności przedziałowe odpylacza wyznacza się przez pomiar skuteczności ogólnej (średniej) i wykonanie analizy frakcyjnej pyłu. Znając skuteczności przedziałowe odpylacza i skład frakcyjny zawartego w spalinach pyłu można obliczyć dla każdej frakcji masę wytrąconego w odpylaczu pyłu, a następnie ogólną skuteczność działania odpylacza.

Podane 3 formy wzoru (1a, 1b, 1c) na wyznaczenie skuteczności odpylacza różnią się tym, że błędy pomiaru występujących we wzorach wielkości mają różny wpływ na  $\eta_0$ . O ile wielkości występujące we wzorach mierzone są dokładnie, to wszystkie trzy formy są równorzędne i dają takie same wyniki.

Wpływ błędów pomiarów wielkości występujących we wzorach (1a, 1b, 1c) na  $\eta_0$  podał P. Noss na opublikowanych wykresach [25]. Wybór wzoru zależy od możliwości wykonania pomiaru.

Jeśli warunki pomiaru są jednakowe, wówczas, jak wynika z tych wykresów, najkorzystniej jest określić skuteczność odpylacza ze wzoru (1a), ponieważ np. przy skuteczności odpylacza 80% pomiar  $\dot{m}_0$  z błędem 10% daje błąd w określeniu  $\eta_0$  tylko ~2%, podobnie i błąd pomiaru  $\dot{m}_z$ . Natomiast w pozostałych wzorach (1b, 1c) błędy pomiarów mają znacznie większy wpływ na  $\eta_0$ . Ponadto pomiar  $\dot{m}_0$  można wykonać łatwiej i dokładniej - drobny pył, równomierne zapylenie - niż pomiar  $\dot{m}_w$ , gdzie pył jest grubszy, a tym samym możliwość nierównomiernego rozkładu większa.

W pracy niniejszej skuteczność odpylającego działania żaluzji określono ze wzoru (1b), ponieważ metoda pomiaru  $\dot{m}_w$  i  $\dot{m}_z$  była bezpośrednia - ważenie - i gwarantowała największą dokładność.

### 3.2. Skuteczność działania żaluzjiowego odpylacza z cyklonem wytrącającym

W żaluzjowym odpylaczu (rys.1) gaz przechodzący przez żaluzję jest odpylany ze skutecznością żaluzji. Wytrącony przez żaluzję pył gromadzi się w strumieniu odsysanym do cyklonu, w którym następuje stopniowe zagęszczenie pyłu, jak to widać na rys.2.

W odsysanym do cyklonu strumieniu gazu zawarty jest pył wytrącony z gazu przechodzącego przez żaluzję plus pył stanowiący początkowe zapylenie (zapylenie spalin za kotłem) strugi odsysanej do cyklonu.

W cyklonie następuje wytrącenie zawartego pyłu w odsysanym strumieniu gazu ze skutecznością cyklonu, a więc ten pył, który został wytrącony przez żaluzję jest ponownie wytrącony ze skutecznością cyklonu. Natomiast pył, który stanowił początkowe zapylenie odsysanego strumienia gazu (w przekroju  $F_1$ ) jest wytrącany tylko przez cyklon, a więc ze skutecznością cyklonu.

Ogólna skuteczność działania żaluzjiowego odpylacza z cyklonem wytrącającym, gdy znane są: skład frakcyjny pyłu zawartego w spa-

linach (udziały wagowe), skuteczności przedziałowe żaluzji i cyklonu wytrącającego można wyrazić następująco:

$$\eta_0 = (1-\varphi) \sum \eta_{pz} \eta_{pc} R_{p(d)} + \varphi \sum \eta_{pc} R_{p(d)} \quad (4)$$

gdzie:

$\varphi = \frac{\dot{V}_3}{\dot{V}_1}$  - stopień odsysania gazu do cyklonu wytrącającego,

$\eta_{pz}$  - przedziałowa skuteczność żaluzji,

$\eta_{pc}$  - przedziałowa skuteczność cyklonu,

$R_{p(d)}$  - udział wagowy poszczególnych frakcji wymiarowych w zapyleniu gazu ( $\sum R_{p(d)} = 1$ ).

Wzór ten jest ściśle słuszny dla nieskończenie małych przedziałów frakcyjnych a wystarczająco dokładny przy obecnie stosowanych przedziałach wymiarowych ziarn pyłu.

Znając skuteczności przedziałowe żaluzji i cyklonu wytrącającego oraz zakładając stopień odsysania zagęszczonej strugi do cyklonu można z tego wzoru dla każdego pyłu o znanym składzie frakcyjnym ( $R_{p(d)}$ ) obliczyć skuteczność działania żaluzjowego odpylacza dla zadanych warunków.

Jeżeli chce się przez pomiar wyznaczyć nie tylko skuteczność wypadkową, ale również skuteczność żaluzji i cyklonu wytrącającego, wówczas prócz 2 wielkości dla wzorów na skuteczność wypadkową zespołu należy wykonać dodatkowe pomiary:

a) stopnia odsysania gazu do cyklonu  $\varphi = \frac{\dot{V}_3}{\dot{V}_1}$ ,

b) zapylenia gazu przechodzącego przez żaluzje (odpylonego w żaluzji) lub zapylenie gazu za cyklonem wytrącającym.

Z wykonanych pomiarów można obliczyć skuteczność wypadkową odpylacza, skuteczność żaluzji, skuteczność cyklonu wytrącającego, a po wykonaniu analiz frakcyjnych pyłów - również odpowiednie skuteczności przedziałowe.

Jak wynika z wzoru (4) przez zwiększenie stopnia odsysania wzrasta skuteczność odpylacza. Ale duży stopień odsysania powoduje konieczność zastosowania większego cyklonu, a więc o mniejszej skuteczności. Ponadto większy stopień odsysania, jeśli odpylacz posiada po mocniejszy wentylator (schemat rys.1b), zwiększa rozchód energii na napęd wentylatora.

Stopień odsysania należy każdorazowo dobrać do istniejących warunków lokalnych. Nie należy, jak to wynika z badań (rozdz. 7.1.4), stosować mniejszego stopnia odsysania niż  $\varphi \approx 0,10$ .



Wadą żaluzjowych odpylaczy jest dwustopniowe wytrącanie pyłu z ok. 90% całkowitej ilości gazu, to jest przez żaluzję i cyklon. Wskutek takiego działania skuteczność odpylania dla ok. 90% gazu, jak to wynika ze wzoru (4) jest iloczynem skuteczności żaluzji i cyklonu, a więc mniejsza niż poszczególne skuteczności.

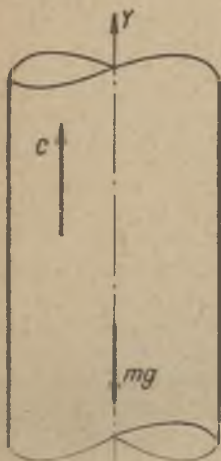
Wadę tę w znacznym stopniu kompensuje możliwość stosowania cyklonu wytrącającego o małej średnicy, tym samym o większej skuteczności niż cyklony, które wchodzi w rachubę jako odpylacze spalin dla kotłów rusztowych.

#### 4. RÓWNANIA RUCHU ZIARN SOLIDUSU W STRUMIENIU GAZU

W rozważaniach nad ruchem ziarn solidusu w przewodach spalin kotłowych - jak to jest praktykowane [6], [9], [18] - przyjęto, że ziarna pyłu posiadają kształt kulisty i opływane są jednorodnym strumieniem gazu (spalin). Przy takich założeniach nie występuje składowa reakcji prostopadła do kierunku ruchu (siła nośna) a jedynie opór, czyli składowa reakcji równoległa do kierunku ruchu względnego.

##### 4.1. Przepływ gazu z dołu do góry. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu-laminarny (w zakresie prawa Stokesa)

Ruch ziarn solidusu w kotłowych przewodach spalin odbywa się pod działaniem gazu (spalin) i pola grawitacji na poszczególne ziarna pyłu.



Oznaczenia:

$c$  - prędkość gazu,

$u$  - prędkość ziarna,

$u_p$  - początkowa prędkość ziarna,

$w$  - prędkość względna ziarna,

$w_p$  - początkowa prędkość względna ziarna,

$w_o$  - prędkość jednostajnego opadania ziarna w nieruchomym gazie.

Wypór w gazie (powietrze, spaliny) jako bardzo mały w rozważaniach pominięto.

Przyjmując zwrot osi "Y" jak na szkicu równanie różniczkowe ruchu ziarna w strumieniu gazu do góry przyjmie postać

$$m \frac{du}{d\tau} = - mg - K \quad (5)$$

Opór ośrodka gazowego dla ruchu względnego ziarna (kuli) w zakresie prawa Stokesa [12] wynosi

$$K = 3\pi d w \eta \quad (6)$$

przy ruchu jednostajnym dla tego samego ziarna

$$K_0 = 3\pi d w_0 \eta \quad (6a)$$

W polu grawitacji

$$K_0 = mg \quad (7)$$

Z równań (6a) i (7) wynika

$$3\pi d \eta = \frac{mg}{w_0} \quad (8)$$

Wstawiając (8) do (6) otrzymuje się

$$K = m g \frac{w}{w_0} \quad (9)$$

Wstawiając (9) do równania (5) i upraszczając przez  $m$  otrzymuje się

$$\frac{du}{d\tau} = - g \left( 1 + \frac{w}{w_0} \right) \quad (10)$$

Prędkość bezwzględna ziarna gazu jest wg przyjętych założeń (oś "Y" skierowana ku górze) równa

$$u = c + w \quad (11)$$

#### Uwaga

Prędkość "w" może mieć wartość dodatnią gdy wektor prędkości ma zwrot zgodny z osią "Y" lub ujemną przy przeciwnym zwrocie.

Różniczkując (11)

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{dc}{d\tau} + \frac{dw}{d\tau} \quad (12)$$

Ponieważ w rozpatrywanym ruchu  $c = \text{const}$

$$\frac{dc}{d\tau} = 0 \quad (13)$$

Zatem

$$\frac{du}{d\tau} = \frac{dw}{d\tau} \quad (14)$$

Podstawiając (14) do (10) otrzymuje się

$$\frac{dw}{d\tau} = -g \left(1 + \frac{w}{w_0}\right) \quad (15)$$

Po rozdzieleniu zmiennych równanie (15) można scałkować

$$-\int \frac{dw}{g \left(1 + \frac{w}{w_0}\right)} = \int d\tau \quad (16)$$

Po scałkowaniu

$$-\frac{w_0}{g} \ln \left| \frac{1 + \frac{w}{w_0}}{C_1} \right| = \tau \quad (16a)$$

Z analizy warunków początkowych wynika, że iloraz

$$\frac{1 + \frac{w}{w_0}}{C_1} > 0 \quad (17)$$

Rozwiązując równanie (16a) względem  $w$  otrzymuje się

$$w = w_0 (C_1 e^{\frac{-g\tau}{w_0}} - 1) \quad (18)$$

Stałą  $C_1$  wyznacza się z warunków brzegowych.

Dla  $\tau = 0$

$$w_p = u_p - c \quad (19)$$

Wstawiając (19) do (18) dla  $\tau = 0$

$$u_p - c = w_0 (C_1 - 1) \quad (20)$$

Stąd

$$C_1 = (u_p - c) \frac{1}{w_0} + 1 \quad (21)$$

Podstawiając (21) do (18)

$$w = w_0 \left\{ \left[ (u_p - c) \frac{1}{w_0} + 1 \right] e^{\frac{-g\tau}{w_0}} - 1 \right\} \quad (22)$$

Dla  $\tau = \infty$

$$w = -w_0 \quad (23)$$

Oznacza to, że po czasie nieskończenie długim ziarno w pionowym strumieniu gazu osiąga prędkość względną równą  $|w| = w_0$ .

Podstawiając (22) do (11) bezwzględna prędkość ziarna równa się

$$u = c + w_0 \left\{ \left[ (u_p - c) \frac{1}{w_0} + 1 \right] e^{\frac{-g\tau}{w_0}} - 1 \right\} \quad (24)$$

Po przekształceniu

$$u = (c - w_0) \cdot (1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}}) + u_p e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \quad (24a)$$

Różnica  $(c - w_0)$  decyduje o kierunku bezwzględnej prędkości ziarna.

Gdy  $(c - w_0) > 0$  ziarno unosi się do góry

a gdy  $(c - w_0) < 0$  opada.

Z równania (24a) można określić drogę ziarna względem nieruchomego układu odniesienia (np. rurociągu)

$$L(\tau) = \int u d\tau = \int \left[ (c - w_0) \cdot \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) + u_p e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right] d\tau \quad (25)$$

Po scałkowaniu

$$L(\tau) = (c - w_0) \cdot \left( \tau + \frac{w_0}{g} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) - \frac{u_p w_0}{g} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} + C_2 \quad (26)$$

Dla  $\tau = 0$   $L(\tau) = 0$ , stąd

$$C_2 = - (c - w_0) \frac{w_0}{g} + \frac{u_p w_0}{g} \quad (27)$$

Podstawiając (27) do (26) otrzymuje się

$$L(\tau) = (c - w_0) \left[ \tau - \frac{w_0}{g} \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) \right] + \frac{u_p w_0}{g} \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) \quad (28)$$

Dla  $u_p = 0$

$$L(\tau) = (c - w_0) \left[ \tau - \frac{w_0}{g} \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) \right] \quad (28a)$$

Jak wynika z równania (22) ziarno dopiero po czasie nieskończenie długim osiąga prędkość względną  $w_0$ . W zagadnieniach technicznych najczęściej trzeba określić jaki procent prędkości maksymalnej  $(c - w_0)$  osiąga ziarno po danym czasie.

Zakładając

$$A = \frac{u}{c - w_0} \quad (29)$$

i podstawiając do (24) otrzymuje się

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \left| \frac{A \frac{u_p}{w_0} - 1}{A - 1} \right| \quad (30)$$

Dla  $u_p = 0$

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \left| \frac{1}{1-A} \right| \quad (30a)$$

Z otrzymanego wzoru dla założonego  $A$  przy znanym  $w_0$  można obliczyć  $\tau$  lub dla założonego  $\tau$  wyznaczyć  $A$ .

#### 4.2. Przepływ gazu w przewodzie pionowym z górą w dół.

##### Ruch względny ziarna - w zakresie prawa Stokesa

Przy ruchu solgazu z góry w dół prędkość gazu jako przeciwnie skierowaną do obranego zwrotu osi "Y" należy wstawić do wyprowadzonych równań ze znakiem przeciwnym. Dla ruchu gazu z góry w dół równania powyższe przyjmą postać:

Prędkość względna ziarna:

$$w = w_0 \left\{ \left[ (u_p + c) \frac{1}{w_0} + 1 \right] e^{\frac{-g\tau}{w_0}} - 1 \right\} \quad (31)$$

Prędkość bezwzględna ziarna:

$$u = - (c + w_0) \cdot (1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}}) + u_p e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \quad (32)$$

Droga ziarna:

$$L(\tau) = - (c + w_0) \left[ \tau - \frac{w_0}{g} (1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}}) \right] - \frac{u_p w_0}{g} (1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}}) \quad (33)$$

Czas dla założonego  $A'$ :

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \left| \frac{1 + A' \frac{u}{w_0}}{1 + A'} \right| \quad (34)$$

gdzie

$$A' = \frac{u}{c + w_0}$$

4.3. Przepływ gazu z dołu do góry. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu-burzliwy (w zakresie prawa Newtona)

Przyjmując kierunek osi "Y" jak w rozdziale 4.1, równanie różniczkowe ruchu ziarna w strumieniu gazu z dołu do góry przyjmie postać

$$m \frac{du}{dt} = -mg + K \quad (35)$$

W rozważanym przypadku przyjęto  $K$  skierowane zgodnie z osią "Y", gdyż opór ośrodka gazowego dla ruchu względnego ziarna w zakresie prawa Newtona (ruch burzliwy) jest proporcjonalny do " $w^2$ ", a więc bez względu na zwrot otrzymujemy zawsze wartości dodatnie na " $K$ ", dlatego dla założonych warunków należy przewidzieć właściwy zwrot " $K$ ", przeciwny do zwrotu prędkości względnej  $w$ .

Opór ośrodka gazowego dla ziarna (kuli) w zakresie prawa Newtona wynosi [12]

$$K = 0,055 \pi \rho_g d^2 w^2 \quad (36)$$

Dla ruchu jednostajnego

$$K_0 = 0,055 \pi \rho_g d^2 w_0^2 \quad (37)$$

W polu grawitacji

$$K_0 = mg \quad (38)$$

Porównując (38) z (37)

$$0,055 \pi \rho_g d^2 = \frac{mg}{w_0^2} \quad (39)$$

Wstawiając (39) do (36) otrzymuje się

$$K = mg \left(\frac{w}{w_0}\right)^2 \quad (40)$$

Wstawiając (40) do (35) i uproszczając przez  $m$  otrzymuje się

$$\frac{dw}{d\tau} = -g \left[1 - \left(\frac{w}{w_0}\right)^2\right] \quad (41)$$

Z równania (14) dla  $c = \text{const}$

$$\frac{dw}{d\tau} = -g \left[1 - \left(\frac{w}{w_0}\right)^2\right] \quad (42)$$

Po rozdzieleniu zmiennych równanie (42) można scałkować

$$\int \frac{dw}{g \left[1 - \left(\frac{w}{w_0}\right)^2\right]} = -\int d\tau \quad (43)$$

Po scałkowaniu otrzymuje się

$$-\frac{1}{2g \frac{1}{w_0}} \ln \left| \frac{1 - \frac{w}{w_0}}{1 + \frac{w}{w_0}} \right| = \tau + C_3 \quad (43a)$$

Po przekształceniu

$$-\frac{1}{2g \frac{1}{w_0}} \ln \left| \frac{w_0 - w}{w_0 + w} \right| = \tau + C_3 \quad (43b)$$

Dla przypadku  $|w| < w_0$

$$1 - \frac{w}{w_0} = \left(1 + \frac{w}{w_0}\right) e^{-\left(\frac{2g\tau}{w_0} + C'_3\right)} \quad (43c)$$



Ponieważ zgodnie z założeniem  $w \leq 0$  więc

$$w = -w_0 \frac{1 - e^{-\left(\frac{2RT}{w_0} + C_3'\right)}}{1 + e^{-\left(\frac{2RT}{w_0} + C_3'\right)}} \quad (43d)$$

Po dalszym przekształceniu

$$w = -w_0 \operatorname{th} \left( \frac{RT}{w_0} + C_3'' \right) \quad (43e)$$

Dla  $\tau = 0$

$$w = w_p \quad (44)$$

Wstawiając (44) do (43e) otrzymuje się dla  $\tau = 0$

$$-w_p = -w_0 \operatorname{th} C_3'' \quad (45)$$

Z (45) wynika

$$C_3'' = -\operatorname{Arth} \left( \frac{w_p}{w_0} \right) \quad (46)$$

Z równań (43e) i (46) wynika, że prędkość względna ziarna "w" nie zależy od prędkości gazu "c".

Dla  $w_p = 0$  z (46)

$$C_3'' = 0 \quad (47)$$

Podstawiając (47) do (43e) otrzymuje się dla  $w_p = 0$

$$w = -w_0 \operatorname{th} \frac{RT}{w_0} \quad (48)$$

Z równania (48) wynika, że dla  $\tau = \infty$

$$w = -w_0 \quad (49)$$

Wstawiając (43e) i (46) do (11) otrzymuje się

$$u = c - w_0 \operatorname{th} \left[ \frac{R\tau}{w_0} - \operatorname{Arth} \left( \frac{w}{w_0} \right) \right] \quad (50)$$

Drogę ziarna względem nieruchomego układu odniesienia np. rurociągu można wyznaczyć przez scałkowanie równania (50)

$$L(\tau) = \int u d\tau \quad (51)$$

Po podstawieniu (50)

$$L(\tau) = \int c d\tau - w_0 \int \operatorname{th} \left[ \frac{R\tau}{w_0} - \operatorname{Arth} \left( \frac{w}{w_0} \right) \right] d\tau \quad (51a)$$

Po scałkowaniu

$$L(\tau) = c\tau - \frac{w_0^2}{g} \ln \left\{ \operatorname{ch} \left[ \frac{R\tau}{w_0} - \operatorname{Arth} \left( \frac{w}{w_0} \right) \right] \right\} + C_4 \quad (51b)$$

Dla  $\tau = 0$   $L(\tau) = 0$

$$C_4 = \frac{w_0^2}{g} \ln \left[ \operatorname{ch} \operatorname{Arth} \left( - \frac{w}{w_0} \right) \right] \quad (52)$$

Pierwszy człon równania (51b) oznacza drogę przebytą przez gaz, pozostałe - poślizg ziarna w stosunku do gazu.

Z równania (48) wynika, że dopiero po czasie nieskończone długim ziarno osiągnie prędkość względną  $w = -w_0$ . W zagadnieniach technicznych zwykle trzeba określić czas dla założonego stosunku  $\frac{|w|}{w_0}$  lub dla założonego czasu  $\tau$  obliczyć  $\frac{|w|}{w_0}$ .

Z równania (43e)

$$|w| = w_0 \operatorname{th} \left( \frac{R\tau}{w_0} + C_3'' \right) \quad (53)$$

Po przekształceniu

$$\operatorname{Arth} \frac{|w|}{w_0} = \frac{R\tau}{w_0} + C_3'' \quad (54)$$

Stąd

$$\tau = \frac{w_0}{g} \left[ \text{Arth} \frac{|w|}{w_0} - C_3 \right] \quad (55)$$

Podstawiając  $C_3$  z równania (46) do (55) otrzymuje się

$$\tau = \frac{w_0}{g} \left[ \text{Arth} \frac{|w|}{w_0} + \text{Arth} \left( \frac{w}{w_0} \right) \right] \quad (56)$$

4.4. Przepływ gazu w przewodzie pionowym z góry w dół. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu - w zakresie prawa Newtona

Dla przepływu gazu z góry w dół w otrzymanych równaniach na prędkość i drogę ziarna należy prędkość gazu "c" wstawić ze znakiem minus (-) jako przeciwnie skierowaną do obranego zwrotu osi "y".

Równania te przyjmą postać:

Z równania (50)

$$u = -c - w_0 \text{th} \left[ \frac{g\tau}{w_0} - \text{Arth} \left( \frac{w}{w_0} \right) \right] \quad (57)$$

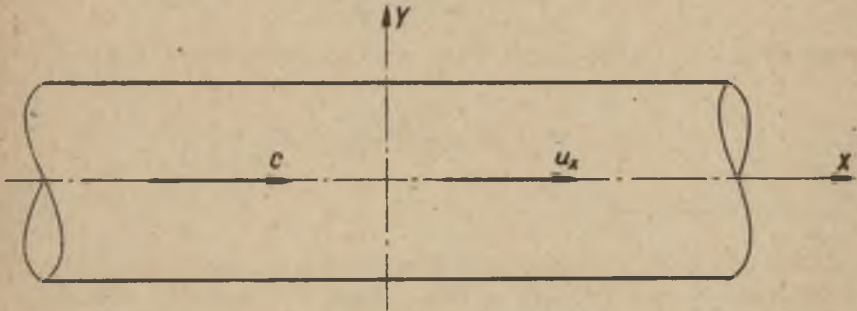
Z równania (51b)

$$L(\tau) = -c\tau - \frac{w_0^2}{g} \ln \left\{ \text{ch} \left[ \frac{g\tau}{w_0} - \text{Arth} \left( \frac{w}{w_0} \right) \right] \right\} + C_4 \quad (58)$$

[ $C_4$  określa równanie (52)]

W równaniu (43e) na prędkość względną ziarna "w" i w równaniu (56) na czas "τ" prędkość gazu nie występuje, a więc są one ważne również dla przepływu gazu z góry w dół.

4.5. Przepływ gazu w przewodzie poziomym. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu - w zakresie prawa Stokesa



Równanie ruchu w kierunku poziomej osi X przyjmie postać

$$m \frac{du_x}{d\tau} = -K_x \quad (59)$$

Opór ośrodka gazowego dla ruchu względnego ziarna w zakresie prawa Stokesa wynosi [12]

$$K_x = 3\pi d w_x \eta \quad (60)$$

Masę ziarna można wyrazić prędkością jednostajnego opadania  $w_0$  w zakresie prawa Stokesa

$$m = \frac{1}{g} 3 d w_0 \pi \eta \quad (61)$$

Podstawiając (60) i (61) do (59) otrzymuje się

$$\frac{du_x}{d\tau} = -g \frac{w_x}{w_0} \quad (62)$$

$$u_x = c + w_x \quad (63)$$

Dla  $c = \text{const}$  podstawiając (63) do (62) po rozdzieleniu zmiennych można scałkować

$$\int \frac{w_0}{g w_x} dw_x = -\int d\tau \quad (64)$$

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \frac{C_5}{w_x} \quad (64a)$$

Rozwiązując względem  $w_x$

$$w_x = C_5 e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \quad (64b)$$

Dla  $\tau = 0$

$$w_x = w_{px} = C_5 \quad (65)$$

Podstawiając (65) do (64a) wyznacza się

$$w_x = w_{px} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \quad (66)$$

Wstawiając (66) do (63) otrzymuje się

$$u_x = c + w_{px} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \quad (67)$$

Drogę ziarna wzdłuż osi "X" można wyznaczyć przez scałkowanie równania (67)

$$L_x(\tau) = \int c d\tau + \int w_{px} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} d\tau \quad (68)$$

Po scałkowaniu

$$L_x(\tau) = c\tau - \frac{w_{px} w_0}{g} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} + C_6 \quad (68a)$$

Dla  $\tau = 0$

$$L_x(\tau) = 0 \quad (69)$$

Czyli

$$C_6 = \frac{w_{px} w_0}{g} \quad (70)$$

Podstawiając (70) do (68a) otrzymuje się

$$L_x(\tau) = c\tau + \frac{w_0 w_{px}}{g} (1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}}) \quad (71)$$

Podstawiając

$$w_{px} = u_{px} - c \quad (72)$$

do równania (71) otrzymuje się

$$L_x(\tau) = c\tau - c \frac{w_0}{g} (1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}}) + \frac{u_{px} w_0}{g} (1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}}) \quad (73)$$

Czas po jakim stosunek prędkości względnej ziarna do prędkości początkowej osiągnie założoną wartość można wyznaczyć po podstawieniu (65) do (64a)

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln A_1 \quad (74)$$

gdzie

$$A_1 = \frac{w_{px}}{w_x} = \frac{u_{px} - c}{u_x - c} \quad (75)$$

Prędkość ziarna (pionową) wzdłuż osi "y" przy  $c_y = 0$  (poziomy przepływ gazu) wyznaczyć można z równania (22)

$$w_y = w_0 \left[ \frac{u_{py}}{w_0} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} + \frac{-g\tau}{w_0} - 1 \right] \quad (76)$$

Po przekształceniu

$$w_y = -w_0 \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) + u_{py} e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \quad (76a)$$

Dla  $c_y = 0$  prędkość względna ziarna jak to wynika z równania (11) równa się prędkości bezwzględnej

$$w_y = u_y \quad (77)$$

Droga ziarna w kierunku osi "y"

Dla  $c_y = 0$  z (26) (oś "Y" skierowana do góry)

$$L_y(\tau) = -w_0 \left[ \tau - \frac{w_0}{g} \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) \right] - \frac{u_{py} w_0}{g} \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) \quad (78)$$

Dla  $u_{py} = 0$  z (28) otrzymuje się przy  $c_y = 0$

$$L_y(\tau) = -w_0 \tau + \frac{w_0^2}{g} \left( 1 - e^{\frac{-g\tau}{w_0}} \right) \quad (78a)$$

Czas po jakim ziarno osiągnie założony stosunek prędkości  $\frac{u_y}{w_0} = A$  wyznaczyć można z równania (24) przy  $c = 0$  (poziomy przepływ gazu  $c_y = 0$ )

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \frac{\frac{u_{py}}{w_0} + 1}{\frac{u_y}{w_0} + 1} \quad (79)$$

Po przekształceniu

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \frac{u_{py} + w_0}{-|u_y| + w_0} \quad (79a)$$

Dla  $u_{py} = 0$

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \frac{w_0}{-|u_y| + w_0} \quad (79b)$$

$u_y$  - jest skierowane w dół a więc ma wartość ujemną  $|u_y| = -u_y$   
czyli  $u_y = -|u_y|$

Ponieważ w rozważanym przepływie  $c_y = 0$  czyli

$$u_y = w_y \quad (80)$$

Podstawiając (80) do (79b) otrzymuje się

$$\tau = \frac{w_0}{g} \ln \frac{w_0}{-|w_y| + w_0} \quad (81)$$

#### 4.6. Przepływ gazu w przewodzie poziomym. Ruch względny ziarna w strumieniu gazu w zakresie prawa Newtona

Jeżeli opór ośrodka gazowego dla ruchu względnego ziarna jest proporcjonalny do " $w^2$ ", wówczas równania ruchu ziarna w przewodzie poziomym przy  $c = \text{const}$  przyjmą postać

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d w_x}{d \tau} &= -mg \left( \frac{w_x}{w_0} \right)^2 \frac{1}{\cos \alpha} \\ m \frac{d w_y}{d \tau} &= -mg - mg \left( \frac{w_y}{w_0} \right)^2 \frac{1}{\sin \alpha} \end{aligned} \right\} \quad (82)$$

$\alpha$  jest kątem jaki tworzy styczna do toru ziarna z osią "X" w układzie poruszającym się z prędkością gazu  $c$ .

Równania (82) powiązane są zmienną  $\alpha = \text{arc tg } \frac{dy}{dx}$ , gdyż pochylenie toru zmienia się wzdłuż osi "X".



Równania te można scałkować metodą kroczków (24), względnie dla małych kątów  $\alpha$  ( $\alpha < 15^\circ$ ) przy pewnych uproszczeniach metodą podaną przez L.G. Łocjański i A.I. Lurie [15].

#### 4.7. Przepływ solgazu po łuku (jak przy wejściu do szczeliny między łopatkami żaluzji - patrz rys.1a)

W ogólnym przypadku przy przepływie solgazu po łuku działające na ziarno siły można wyrazić przez składowe radialne (promieniowe) i składowe transwersalne (styczne do łuku).

W polu grawitacji składową radialną siły działającej na ziarno można wyrazić następująco (po pomnożeniu przez - 1)

$$mg \sin \alpha + \psi \frac{dr}{d\tau} = - m \frac{d^2 r}{d\tau^2} + mr \left( \frac{d\alpha}{d\tau} \right)^2 \quad (83)$$

Liczba oporu gazu  $\psi$  dla ruchu ziarna jest funkcją kształtu ziarna i liczby Reynoldsa [5].

Składową styczną do łuku można wyrazić równaniem

$$- mg \cos \alpha + \psi \left( c - \frac{d\alpha}{d\tau} r \right) = m \left( 2 \frac{dr}{d\tau} \frac{d\alpha}{d\tau} + r \frac{d^2 \alpha}{d\tau^2} \right) \quad (84)$$

Podobnie jak w przewodach prostych wypór jako bardzo mały (gaz) pominięto.

Równania (83) i (84) wyznaczają drogę ziarna przy przepływie solgazu po łuku dla przyjętych założeń (gaz porusza się po łukach kół współśrodkowych), tym samym po ich rozwiązaniu można by obliczyć analitycznie minimalną wielkość ziarna jakie teoretycznie powinno być wytracone z gazu przez łopatki żaluzji.

Wyprowadzone wzory umożliwiają obliczenie teoretycznej prędkości i drogi ziarna przy przepływie solgazu, które potrzebne są do analizy odpylającego działania żaluzji.

Jednakże równania powyższe wyprowadzono z konieczności przy upraszczających założeniach i mają one tylko znaczenie teoretyczne. Jak wykazują badania, równania te nie odpowiadają rzeczywistym warunkom ruchu solgazu w kotłowych przewodach spalin i bezwładnościowych instalacjach odpylających [4], [10], [18], [36].

Różnorodność kształtów ziarn popiołu lotnego wywiązywanych w procesie spalania oraz różne prędkości gazu w przekrojach przewodów uniemożliwiają wyznaczenie liczb oporu  $\psi$  dla ziarn popiołu lotnego, z których można by korzystać przy analitycznym obliczaniu skuteczności żaluzji.

Podobnie określenie prędkości solidusu  $u$ , a następnie prędkości względnej  $w = c - u$  w turbulentnym przepływie solgazu także z podanych wyżej względów, jak to wynika z opublikowanych badań, jest bardzo trudne [6], [9], [10], [18].

### 5. UOGÓLNIONE BEZWYMIAROWE RÓWNANIE KRYTERIALNE NA PRZEDZIAŁOWĄ SKUTECZNOŚĆ ODPYLAJĄCEGO DZIAŁANIA ŻALUZJI

Wyprowadzonych w rozdziale 4.7 równań (83), (84) na drogę ziarna solidusu (pyłu) przy przepływie solgazu po łuku, jak między łopatkami żaluzji, nie można scałkować metodami prostymi, mimo, że zostały wyprowadzone przy upraszczających założeniach (pominięto działanie siły nośnej przyjmując dla ziarna kształt kulisty, pominięto zmianę prędkości gazu).

Ponadto równania (83), (84) dotyczą tylko ruchu pojedynczego ziarna pyłu w strumieniu gazu, nie uwzględniają innych parametrów, mających niewątpliwie wpływ na odpylające działanie żaluzji, jak:

- 1) liczby łopatek w żaluzji, którą dla  $l = \text{idem}$  można wyrazić stosunkiem  $\frac{l}{h}$ ,
- 2) stosunku wysokości łopatki do całkowitej wysokości żaluzji  $\frac{b}{h}$
- 3) prędkości zapyłonego gazu  $c_3$  na wejściu do szczeliny odsysającej (w przekroju  $F_3$  - rys.1),
- 4) stopnia zapylenia gazu  $Y_T$  w przekroju wlotowym  $F_1$  do odpylacza.  $Y_T$  ulega zmianie w strumieniu gazu na skutek odpylającego działania żaluzji.

Zwykle przyjmuje się, że przedziałowa skuteczność odpylaczy bezwładnościowych nie zależy od stopnia zapylenia gazu. Czy  $Y_T$  w badanym zakresie ma wpływ na przedziałową skuteczność żaluzji-wykażą badania.

Przy obecnym rozeznaniu zjawisk przepływu solgazu nie idaje się na drodze analitycznej określić przedziałowej skuteczności odpylającego działania żaluzji (odpylaczy bezwładnościowych) [4] [6], [13], [18], [21]. Z konieczności uogólnionego równania na przedziałową skuteczność żaluzji najczęściej trzeba szukać za pomocą analizy wymiarowej, a jego rozwiązania - na drodze eksperymentalnej.

Przyjmując, że masa ziarna pyłu jest funkcją

$$m = f(d, \rho_R) \quad (85)$$

a promień łuku, jaki zatacza struga gazu na wejściu do szczeliny między łopatkami żaluzji - funkcją podziałki i kąta pochylenia łopatek oraz prędkości początkowej gazu

$$r = f(l, \beta, c_1) \quad (86)$$

i uwzględniając równania (83), (84), na podstawie analizy odpylającego działania można przyjąć, że przedziałkowa skuteczność żaluzji jest funkcją następujących wielkości:

$$\eta_{pz} = f(d, \rho_s, c_1, c_3, \rho_g, v, g, l, \frac{L}{h}, \frac{b}{h}, \beta, Y_T) \quad (87)$$

gdzie:

- d - wielkość ziarna solidusu (pyłu) wyrażona średnią zastępczą,
- $\rho_s$  - gęstość ziarna solidusu (pyłu),
- $c_1$  - prędkość gazu w przekroju wlotowym  $F_1$  do odpylacza,
- $c_3$  - prędkość gazu na wejściu do szczeliny odsysającej (w przekroju  $F_3$ ),
- $\rho_g$  - gęstość gazu w przekroju wlotowym,
- v - kinematyczny współczynnik lepkości gazu,
- g - przyspieszenie ziemskie (ruch ziarna odbywa się w polu grawitacyjnym),
- l - podziałka łopatek w żaluzji,
- L - całkowita długość żaluzji,
- h - wysokość żaluzji,
- b - szerokość łopatek żaluzji,
- $\beta$  - kąt pochylenia łopatek żaluzji do kierunku strugi gazu,
- $Y_T$  - stopień zpylenia gazu (w pracy przyjęto  $Y_T$  w przekroju  $F_1$ ).

Wymiary wielkości mających wpływ na skuteczność żaluzji zawierają 3 wielkości podstawowe układu SI, (m) (kg) (s). Zgodnie z twierdzeniem Buckinghama równanie (87) można przedstawić jako funkcję 13-3 = 10 bezwymiarowych iloczynów K, utworzonych z wielkości w nim zawartych.

Dla wyznaczenia bezwymiarowych iloczynów  $K$  (bezwymiarowych modułów) jako wielkości podstawowe przyjęto  $d, \rho_s, c_1$ , a z pozostałych wielkości fizycznych równania (87) utworzono następujące iloczyny bezwymiarowe:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= v \cdot d^{x_1} \cdot \rho_s^{y_1} \cdot c_1^{z_1} \\
 K_2 &= \rho_g \cdot d^{x_2} \cdot \rho_s^{y_2} \cdot c_1^{z_2} \\
 K_3 &= c_3 \cdot d^{x_3} \cdot \rho_s^{y_3} \cdot c_1^{z_3} \\
 K_4 &= g \cdot d^{x_4} \cdot \rho_s^{y_4} \cdot c_1^{z_4} \\
 K_5 &= l \cdot d^{x_5} \cdot \rho_s^{y_5} \cdot c_1^{z_5} \\
 K_6 &= \beta \cdot d^{x_6} \cdot \rho_s^{y_6} \cdot c_1^{z_6} \\
 K_7 &= \frac{l}{h} \cdot d^{x_7} \cdot \rho_s^{y_7} \cdot c_1^{z_7} \\
 K_8 &= \frac{b}{h} \cdot d^{x_8} \cdot \rho_s^{y_8} \cdot c_1^{z_8} \\
 K_9 &= Y_T \cdot d^{x_9} \cdot \rho_s^{y_9} \cdot c_1^{z_9} \\
 K_{10} &= \eta_{pż} \cdot d^{x_{10}} \cdot \rho_s^{y_{10}} \cdot c_1^{z_{10}}
 \end{aligned}
 \tag{88}$$

Wyznaczenie poszczególnych iloczynów z równań wymiarowych: Równanie wymiarowe iloczynu  $K_1$  (wg układu SI)

$$K_1 = m^2 s^{-1} (m)^{x_1} (kg m^{-3})^{y_1} (m s^{-1})^{z_1}
 \tag{89}$$

Aby iloczyn  $K_1$  był bezwymiarowy wykładniki potęgowe muszą spełniać warunek:

$$\begin{aligned} \text{Dla (m)} \quad 0 &= 2 + x_1 - 3y_1 + z_1 \\ \text{" (s)} \quad 0 &= -1 + 0 + 0 - z_1 \\ \text{" (kg)} \quad 0 &= 0 + 0 + y_1 + 0 \end{aligned} \quad (90)$$

Z równań tych otrzymuje się

$$\begin{aligned} x_1 &= -1 \\ y_1 &= 0 \\ z_1 &= -1 \end{aligned} \quad (90a)$$

Czyli

$$K_1 = \frac{v}{c_1 \cdot d} \quad (91)$$

Zamiast  $\frac{v}{c_1 \cdot d}$  zwykle używa się odwrotności  $\frac{c_1 \cdot d}{v} = Re$ .

Po wyznaczeniu pozostałych iloczynów bezwymiarowych w taki sam sposób jak iloczynowi  $K_1$  równanie (87) w ogólnym przypadku można przedstawić w postaci

$$\eta_{pż} = f \left( \frac{v}{c_1 \cdot d}, \frac{\rho_g}{\rho_s}, \frac{1}{d}, \frac{c_3}{c_1}, Fr, \frac{L}{h}, \frac{b}{h}, \beta, Y_T \right) \quad (92)$$

gdzie  $Fr$  oznacza liczbę Frouda określoną wzorem:

$$Fr = \frac{c_1^2}{g \cdot d} \quad (93)$$

Bezwymiarowe moduły  $\frac{v}{c_1 \cdot d}, \frac{\rho_g}{\rho_s}, \frac{1}{d}$  jak wykazały badania [12],[13]

dla przepływu solgazu jak w żaluzji można zastąpić ich iloczynem (odwrotnością iloczynu)

$$\frac{d^2 \cdot c_1 \cdot \rho_g}{v \cdot \rho_s \cdot l} = Stk \quad (94)$$

$Stk$  - liczba Stokesa charakteryzująca przepływ solidusu.

Podstawiając (94) do równania (92) otrzymuje się

$$\eta_{p\dot{z}} = f \left( Stk; \frac{c_3}{c_1}; Fr; \frac{L}{h}; \frac{b}{h}; \beta; Y_T \right) \quad (95)$$

Jest to uogólnione bezwymiarowe równanie na przedziałową skuteczność odpylającego działania żaluzji.

Jak można było przypuszczać, zależnie od warunków przepływu sol gazu przez żaluzję, nie wszystkie kryteria (moduły bezwymiarowe) mają znaczący wpływ na odpylające działanie żaluzji.

Kryteria jakie można pominąć i ostateczne formy równań dla poszczególnych zakresów zostały wyznaczone poprzez badania na specjalnie zbudowanej w tym celu instalacji doświadczalnej.

## 6. OPIS I DANE TECHNICZNE INSTALACJI DOŚWIADCZALNEJ - TECHNIKA BADAŃ

### 6.1. Dobór podstawowych parametrów instalacji doświadczalnej

Instalacja doświadczalna została tak zbudowana, aby umożliwiała przede wszystkim wykonanie doświadczeń, na podstawie których można by ustalić wpływ parametrów konstrukcyjnych żaluzji zawartych w równaniu (95) to jest  $l, \beta, \frac{L}{h}, \frac{b}{h}$  oraz parametrów spalin, które zależnie od konstrukcji kotła i warunków eksploatacji podlegają w ruchu dość znacznym wahaniom. Z parametrów solidusu zawartych w równaniu (95) przebadano tylko wpływ wielkości ziarna wyrażonej średnicą zastępczą (w module  $Stk$ ) i stopnia zapylenia gazu  $Y_T(S_T)$  na przedziałową skuteczność żaluzji.

Przekrój dolotowy  $E_1$ , wylotowy  $F_2 = 0,9 F_1$  i przekrój szczeliny odsysającej  $F_3 = 0,1 F_1$  (rys.1) w instalacji doświadczalnej zostały dobrane w oparciu o wyniki ruchu prototypu zbudowanego na kotle rusztowym 40/50 t/h w 1958 r. oraz o dane z literatury technicznej, głównie literatury ZSRR [39], [40].

Instalację doświadczalną wykonano tak, aby umożliwiała przeprowadzenie badań wpływu podstawowego modułu geometrycznego żaluzji w szerokich granicach ( $\frac{L}{h} = 1,5-6$ ), wynikających z będącego do dyspozycji miejsca w starych instalacjach kotłowych. Dłuższe żaluzje praktycznie nie wchodzi w rachubę, gdyż wymagają długich prostych odcinków, a uzyskuje się nieznaczny przyrost skuteczności.

Podziałkę łopatek w żaluzji przyjęto jako wielokrotność 25 mm. Mniejszej podziałki zdaniem autora dla spalin kotłowych nie należy stosować, gdyż jak to wykazała eksploatacja prototypu, gdzie na

pewnej części żaluzji zastosowano podziałkę łopatek  $l=20$  mm, prześwity między łopatkami o tej podziałce ulegały zalepianiu (można przypuszczać, że następuje to podczas uruchamiania kotła).

W odpylaczach żaluzjowych opracowanych przez WTI - Moskwa stosowana jest podziałka  $l = 50$  mm [39], [40]. Powyższe względy skłoniły autora do przebadania podziałek łopatek w żaluzji  $l = 25; 50$  i  $75$  mm.

Łopatki osadzone były w listwach przegubowo, co umożliwiało nastawienie kąta ich pochylenia  $\beta$ .

Dla przebadania wpływu lepkości gazu na przedziałową skuteczność żaluzji na wlocie do przewodu, w którym zapopieliano powietrze (rys.1) zabudowano palnik gazowy podłączony do butli z propanem  $C_3H_8$ . Umożliwiło to podgrzewanie powietrza przez mieszanie ze spalinami do temperatur, przy których dynamiczne współczynniki lepkości powietrza były równe dynamicznym współczynnikom lepkości spalin o składzie i temperaturach jakie występują w odpylaczach spalin kotłowych.

Przy doborze wymiarów przewodu, w którym zabudowano żaluzję kierowano się głównie tym, aby liczba  $Re$  w poszczególnych przekrojach przepływowych  $F_1, F_2, F_3$  była większa względnie w przybliżeniu równa  $Re \approx 10\ 000$ .

Przepływ solgazu w żaluzjowym odpylaczu charakteryzuje się gwałtownymi zmianami kierunku i prędkości. W takich przepływach nie musi być spełniony warunek  $Re = idem$  dla instalacji doświadczalnej i przemysłowej, traktowany jako podstawowe kryterium podobieństwa przepływu, a przepływy będą podobne pod warunkiem, że  $Re \geq >10\ 000$  (zjawisko samodelowania przepływu) [11], [20].

Należy nadmienić, że w odpylaczach przemysłowych liczby  $Re$  będą zawsze większe niż podane w tabeli 19 dla instalacji doświadczalnej.

Trzeba tu podkreślić, że warunek ten niezmiernie ułatwił przeprowadzenie badań nad skutecznością żaluzji i przenoszenie uzyskanych wyników na odpylacze przemysłowe.

Natomiast konieczność zastosowania możliwie małych wymiarów instalacji doświadczalnej - małego przekroju wlotowego  $F_1$  - narzucona została przyjętym sposobem wyznaczania skuteczności żaluzji przez ważenie pyłu zasypanego i wytrąconego przez żaluzję a zatrzymanego w filtrze workowym. Opory filtru workowego, wytrzymałość flaneli oraz charakterystyka wentylatora nr 1 ograniczyły wymiary przekroju  $F_1$ .

Wyznaczanie skuteczności żaluzji przez pomiar stężenia zapylenia gazu za żaluzją (odpylonego w żaluzji) wyeliminowałoby to ograniczenie i pozwoliłoby stosować większe próbki pyłu - w badaniach stosowano próbki 1500 g. Jednakże wyznaczanie skuteczności żaluzji przez pomiar stężenia zapylenia gazu sondami aspiracyjnymi jest mniej pewne niż bezpośrednio przez ważenie pyłu zasypanego i wytrąconego.

Kierując się powyższymi założeniami, instalację doświadczalną wykonano o następujących danych (rys.1):

Przewód blaszany, w którym zabudowano żaluzję

Długość	1700 mm
Szerokość	300 mm
Wysokość	280 mm
Grubość blachy	2 mm
Materiał	St0S

Obydwie boczne ściany - szkło okienne 3 mm.

Szczelina w przekroju wylotowym dla odsysania zapylnych spalin z przestrzeni pod żaluzją

Szerokość	300 mm
Wysokość	28 mm

Przekrój wylotowy gazu odpylonego przez żaluzję:

Szerokość	300 mm
-----------	--------

Wysokość (grubość blachy rozdzielającej 2 mm)

250 mm

Żaluzja:

Żaluzje o długości odpowiednio 1500, 1125, 750 i 375 mm składały się z łopatek osadzonych czopami w dwu listwach. Listwy posiadały nawiercone otwory co 25 mm. Pozwalało to na łatwą zmianę podziałki łopatek ( $l_1 = 25$ ,  $l_2 = 50$  i  $l_3 = 75$  mm).

Dla nastawienia kąta pochylenia do kierunku przepływu spalin, łopatki były połączone przegubowo z prętem sterowanym dźwignią, do której przyspawana była wskazówka położenia łopatek. Wskazówka przesuwiała się po odpowiednio wyskalowanym kątomierzu.

Wymiary i dane żaluzji:

Długość żaluzji	mm	1500	1125	750	375
Szerokość żaluzji	mm	300	300	300	300
Podziałka łopatek	mm	75;50;25	75;50;25	75;50;25	75;50;25
Ilość łopatek	szt.	21;31;61	16;23;46	11;16;31	6; 8;16
Długość łopatki (czopy po 4 mm)	mm	291	291	291	291
Szerokość łopatki	mm	40;50	40;50	40;50	40;50
Grubość łopatki (blacha St0S)	mm	2	2	2	2



Długość listew po 2 szt.	mm	1550	1175	800	425
Szerokość	mm	20	20	20	20
Grubość (materiał StOS)	mm	4	4	4	4
Podziałka otworów d = 5 mm dla osadze- nia łopatek	mm	25	25	25	25

Przewód do zapopielenia powietrza:

Długość	1400 mm
Szerokość	300 mm
Wysokość	280 mm
Grubość blachy	1,5 mm

Zbiornik pyłu:

pojemność 4 kg, wylot - 10x280 mm, u wylotu nastawiana przysłona do dawkowania pyłu. Dla obserwacji zbiornik posiadał w bocznej ścianie szybkę.

Przewód łączący szczelinę odsysającą z filtrem flanelowym:

Średnica (rura)	D = 108/100,5 mm
Długość całkowita	L = 2,2 m

Filtr flanelowy - schemat filtra pokazano na rys.1.

Wymiary flaneli:

Średnica worka	D = 300 mm
Wysokość worka	h = 350 mm
Czynna powierzchnia filtra- cyjna (pobocznicą + górne denko)	F = 0,417 m <sup>2</sup>

Przewód pionowy łączący filtr z wentylatorem nr 1:

Średnica (rura)	D = 108/100,5 mm
Długość całkowita	L = 11,80 m

W pionowym odcinku przewodu ok. 1,5 m przed wentylatorem zabudowana była przysłona dławiąca "K<sub>1</sub>" dla regulacji ilości powietrza odsysanego z przestrzeni pod żaluzją. Ustawienie przysłony podczas próby było regulowane, ponieważ opór filtra w miarę gromadzenia się pyłu - wzrastał.

### Wentylator nr 1,

zasysający poprzez filtr flanelowy zapyłone powietrze z przestrzeni pod żaluzją i wytłaczający do atmosfery - na kotłownię:

Wydajność  $\dot{V} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$

Spręż statyczny  
przy temp. 20°C  $\Delta h = 9800 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 1000 \text{ mm H}_2\text{O}$ )

Przewód pionowy łączący przestrzeń nad żaluzją z wentylatorem nr 2 (wykonany z blachy ocynkowanej 1 mm):

Średnica  $D = 300/298 \text{ mm}$

Długość całkowita  $L = 12,30 \text{ m}$

W przewodzie przed wentylatorem była zabudowana przysłona dławiąca "K<sub>2</sub>" dla regulacji natężenia przepływu powietrza przepływającego przez żaluzję.

### Wentylator nr 2,

zasysający odpyłone przez żaluzję powietrze i wytłaczający do atmosfery - na kotłownię:

Wydajność  $\dot{V} = 6000 \text{ m}^3/\text{h}$

Spręż statyczny  
przy temp. 20°C  $\Delta h = 3925 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 400 \text{ mm H}_2\text{O}$ )

### Palnik gazowy:

Maksymalne zużycie gazu  
przez palnik przy nadciśnieniu za zaworem regulacyjnym

$\dot{V} = 90 \text{ m}^3/\text{h}$

$\Delta h = 4900 \text{ N/m}^2$  ( $\sim 500 \text{ mm H}_2\text{O}$ )

Wartość opałowa  
propanu ( $\text{C}_3\text{H}_8$ )

$\bar{w}_d = 92340 \text{ kJ/nm}^3$  ( $\sim 22350 \text{ kcal/Nm}^3$ ).

## 6.2. Dobór charakterystyki pyłu użytego do badań i wielkości próbek

Charakterystykę pyłu (gęstość, skład frakcyjny) użytego do badań skuteczności żaluzji w instalacji doświadczalnej określono na podstawie pomiarów zapylenia spalin krajowych kotłów rusztowych [7] [30] i danych z literatury technicznej [8][14][27][37], przy czym kierowano się tylko danymi dla kotłów na węgiel kamienny, gdyż w kraju kotły rusztowe na węgiel brunatny są rzadkością.

Pył o przyjętym wstępnie składzie uzyskano przez stopniowe dodawanie do popiołu lotnego z kotła rusztowego najdrobniejszych prze-

sianych frakcji popiołu lotnego z kotła pyłowego. Skład frakcyjny każdorazowo badano separatorem Bahco w laboratorium Energopomiaru. Po uzyskaniu zbliżonego składu całość bardzo dokładnie wymieszano i następnie odważono około 400 próbek 1500 g w papierowych torbach, które zapakowano do blaszanych beczek, szczelnie zamknięto i przechowywano w suchym pomieszczeniu. Tuż przed próbą waga każdej próbki była ponownie sprawdzana.

Z odważonych próbek pobrano 3 - dla zbadania składu frakcyjnego i gęstości. Wykonane analizy wykazały praktycznie stały frakcyjny skład próbek (bardzo małe odchylenia), podany na wykresie rys.4.

Gęstość pyłów lotnych z kotłów rusztowych wyznaczana piknometrem waha się od 2,0-2,6 g/cm<sup>3</sup> [9], [30], gęstość pyłu użytego do prób wynosiła 2,16 g/cm<sup>3</sup>.

Pył wytrącony przez żaluzję i uchwycony podczas próby w filtrze flanelowym zbierano do wytarowanych papierowych torebek. Próbkę pyłu przed wykorzystaniem do badań, pył zatrzymany w filtrze flanelowym oraz flanele filtracyjne przed i po próbie ważone były na tej samej wadze szalkowej typu WH-5 o dokładności 0,1 g.

Krajowe przedsiębiorstwa zajmujące się badaniem odpylaczy spalin kotłowych (Zakład Badań i Pomiarów Energopomiar w Gliwicach i Przedsiębiorstwo Energomontażowe Przemysłu Węglowego w Chorzowie - Dział Pomiarów Ciepłych) wielkość ziarna określają średnicą zastępczą obliczoną z prawa Stokesa dla  $\rho$  badanego pyłu (dla frakcji  $< 60 \mu$ ) i stosują następujące przedziały wymiarowe:

0 - 10  $\mu$

10 - 20  $\mu$

20 - 30  $\mu$

30 - 40  $\mu$

40 - 60  $\mu$

> 60  $\mu$

(Udział ziarn  $> 60 \mu$  wyznacza się przesiewaniem na sicie).

Z powyższych względów, jak również z uwagi na tradycje w przemyśle kotłowym, w pracy posługiwano się średnicą zastępczą i tymi samymi przedziałami wymiarowymi oraz stosowano do wyznaczania udziałów frakcyjnych separator Bahco, którym posługują się zwykle laboratoria wymienionych zakładów.

Przyjęcie tych samych przedziałów wymiarowych i tej samej średnicy zastępczej oraz tego samego separatora, mimo pewnych wad ma na celu ułatwienie porównywania wyników pomiarów instalacji przemysłowych z wynikami badań na instalacji doświadczalnej [23], oraz łatwiejsze i szybsze wdrażanie wyników pracy w praktykę przemysłową.

Badania skuteczności odpylaczy często wykonywane są pyłem przyjętym w danym kraju dla nich za wzorcowy. W okresie wykonywania ba

dań przez autora (1961-62 r.) w kraju nie było pyłu wzorcowego. Obecnie jest w opracowaniu przez Centralny Instytut Ochrony Pracy projekt normy pyłu wzorcowego I.

Jednakże zdaniem autora użyty w badaniach pył był bardziej stosowny niż proponowany w normie.

Jak to pokazano na wykresie rys.5 w zakresie frakcji, które są najbardziej istotne dla określenia skuteczności odpylacza (frakcje poniżej  $20 \mu$ ), pył wzorcowy i pył użyty w badaniach posiadają w przybliżeniu takie same udziały tych frakcji. Natomiast budowa ziarn i skład mineralogiczny pyłu wzorcowego są całkiem inne niż pyłów jakie występują w spalinach kotłów rusztowych.

Analiza mineralogiczna pyłu:

Składnik	Pył użyty w badaniach	Pył wzorcowy I
$SiO_2$	57,20%	75,0%
$Al_2O_3$	6,16%	14,0%
$Na_2O + K_2O$	1,46%	9,0%
$Fe_2O_3$	4,65%	} 2,0%
$TiO_2$	-	
CaO	7,84%	
MgO	4,19%	
$SO_3, P_2O_5$	0,36%	-
Części palne	18,14%	-

(Analizę pyłu użytego do badań wykonano w laboratorium Energopomiaru - pył wzorcowy według projektu normy).

Tym samym pył stosowany przez autora odpowiada przedzielnym warunkom, jakie występują w krajowych kotłach rusztowych opalanych miąkkim energetycznym, a więc można przyjąć, że otrzymane wyniki po miarów odpowiadają rzeczywistym warunkom jakie istnieją w odpylaczach przemysłowych (rozdrobienie, aglomeracja) [31], [33], czego nie uzyskano by stosując pył wzorcowy.

### 6.3. Technika badań

Badania przeprowadzono według normy [34].

Natężenie przepływu gazu i pośrednio średnie prędkości gazu w przekroju wlotowym i w przekrojach wylotowych mierzono zgodnie z obowiązującymi normami rurkami Prandtla z uwagi na zapylenie gazu.

Stężenie zapylenia powietrza przepływającego przez żaluzję określano z pomiaru natężenia przepływu powietrza, masy zasypanego pyłu i czasu dozowania próbki.

Na podstawie danych z pomiarów [7], [30] i literatury [22],[32],[37] ustalono, że stężenie zapylenia powietrza podczas badań należy przyjąć  $S_{\tau} = 4 \text{ g/m}^3$  jako najbardziej zbliżone do przeciętnego za pylenia spalin ( $1,5-6 \text{ g/m}^3$ ) z kotłów rusztowych w krajowych warunkach.

Dla założonego stężenia zapylenia powietrza, znanej masy próbki pyłu (1500 g) i przyjętej prędkości powietrza  $c_1$  w przekroju wlotowym  $F_1$  do odpylacza obliczono czas, przez jaki próbka powinna być równomiernie sypana do strumienia powietrza przed odpylaczem

$$\tau = \frac{m}{S_{\tau} V_1} \quad (96)$$

Czasy te odpowiednio wynosiły:

$c_1$ m/s	$S_{\tau} \text{ g/m}^3$		
	2	4	6
	$\tau$		
6	27' 45"	13' 52"	9' 15"
8	20' 50"	10' 25"	6' 56"
10	16' 40"	8' 20"	5' 33"
12	13' 52"	6' 56"	4' 37"
14	11' 54"	5' 57"	3' 58"
16	10' 25"	5' 12"	3' 28"
18	9' 15"	4' 37"	3' 05"

Zbiornik pyłu umieszczony na przewodzie powietrza przed odpylaczem u wylotu posiadał nastawianą przysłonę. Drogą prób wycechowano otwarcie przysłony i w ten sposób uzyskiwano potrzebne zapylenie powietrza. W czasie cechowania przysłony jak również i dla kontroli podczas prób czas sypania próbki ze zbiornika do strumienia powietrza mierzono stoperem zegarowym.

Osiągnięta tym sposobem powtarzalność wyników pomiarów była wystarczająco dobra - różnice w natężeniu zapylenia wynosiły  $\pm 0,4 \text{ g/m}^3$  i jak to potwierdziły wyniki prób (rozdział 7.1.2) nie miały wpływu w zakresie takich zmian na odpylające działanie żaluzji.

Dla wyznaczenia wpływu lepkości gazu na skuteczność żaluzji wykonano pomiary na zimnym powietrzu i podgrzanym propanem.

Próby wykonano przy dynamicznym współczynniku lepkości powietrza równym dynamicznemu współczynnikowi lepkości spalin kotłów rusztowych w przeciętnych warunkach. Przyjęto zawartość  $[CO_2] = 8,5\%$  i temperaturę spalin 150; 200 i 250°C [26], [30], [38]. Odpowiadające temperatury powietrza odczytane z opracowanego wykresu (rys.6) wynosiły:

Temp. spalin °C	$\eta \cdot 10^6$ kg/m s	Temp. powietrza °C
150	22,64	142
200	24,59	193
250	26,54	243

Skuteczność ogólną żaluzji w danej próbie wyznaczono z wzoru (4) po podstawieniu dla warunków prób:

$$\eta_o = \eta_{oi} = \frac{m_z}{m_w} \quad (97)$$

$$\eta_{oc} = \sum \eta_{pc} R_{p(d)} = 1 \quad (98)$$

(filtr flanelowy zamiast cyklonu wytrącającego)

$$\eta_{oz} = \sum \eta_{pz} R_{p(d)} \quad (99)$$

Wstawiając (97), (98), (99) do wzoru (4) i przekształcając otrzymuje się równanie na skuteczność ogólną żaluzji

$$\eta_{oz} = \frac{m_z - \varphi m_w}{(1 - \varphi) m_w} \quad (100)$$

Skuteczności przedziałowe obliczono wstawiając do wzoru (100) zamiast całej ilości pyłu - ilość zasypanego i wytrąconego pyłu danej frakcji (stopień odsysania  $\varphi = \text{idem}$  dla całej masy jak i dla frakcji):

$$\eta_{pz} = \frac{m_{z(p)} - \varphi m_{w(p)}}{(1 - \varphi) m_{w(p)}} \quad (100a)$$

## 7. WYNIKI BADAŃ I ICH OPRACOWANIE

### 7.1. Wykonane badania

Jak to podano w rozdziale 6.1 konstrukcja żaluzji umożliwiała wykonanie doświadczeń przy  $\frac{L}{h} = 1,5; 3; 4,5; 6$  i dla każdego  $\frac{L}{h}$  przy podziałce łopatek  $l = 25; 50; 75$  mm. Jednakże wstępne pomiary wykazały że przy  $\frac{L}{h} = 1,5$  dla wszystkich podziałek łopatek w żaluzji rozrzut wyników pomiarów wynosił  $\pm 18\%$  a skuteczność żaluzji była bardzo mała ok. 60%. Podobne wyniki otrzymywano również przy podziałce łopatek żaluzji  $l = 75$  mm dla  $\frac{L}{h} = 3$  i 4,5. Jedynie tylko przy  $l = 75$  mm żaluzja osiągała stosunkowo dobrą skuteczność rzędu 75-80% dla  $\frac{L}{h} = 6$ .

Duży rozrzut wyników doświadczeń i mała skuteczność żaluzji o powyższych parametrach przekreśliły jej stosowanie jako odpylacza spalin kotłów rusztowych. Z tego względu szczegółowych pomiarów dla żaluzji o  $\frac{L}{h} = 1,5; 3$  i 4,5 przy  $L = 75$  mm nie wykonywano.

Wyniki doświadczeń uznawano za poprawne jeśli 3 kolejne pomiary dla tych samych parametrów dały wyniki powtarzalne z dokładnością  $\pm 10$  g. Większe rozbieżności wskazywały zawsze na niedotrzymanie założonych dla danego doświadczenia parametrów, względnie na nieszczelność flaneli w filtrze - takie pomiary unieważniano. Jedynie tylko w przeprowadzonych doświadczeniach nie można było utrzymać dokładnie założonego stężenia zapylenia gazu  $S_T$ . Zastosowany sposób dozowania pyłu pozwalał na utrzymanie  $S_T$  z dokładnością  $\pm 0,4$  g/m<sup>3</sup>, która wystarczała dla wykonanych badań.

Najniższą prędkość jaką stosowano w doświadczeniach była  $c_1 = 6$  m/s, ponieważ już przy  $c_1 = 4$  m/s duże ziarna pyłu wypadały z gazu i osiadały na dnie przewodu, co uniemożliwiało wykonywanie badań.

#### 7.1.1. Wyznaczenie wpływu kąta $\beta$ na skuteczność żaluzji

Jak to wynika z konstrukcji żaluzji (rys.1) kąt  $\beta$  pochylenia łopatek żaluzji do kierunku przepływu gazu w przestrzeni pod żaluzją może być dobrany zawsze tak, aby żaluzja osiągała maksymalną skuteczność, gdyż ani brak miejsca, ani wymiary przewodu i żaluzji jak również inne względy nie ograniczają możliwości dobrania kąta  $\beta$ .

Dla wyznaczenia wielkości kąta  $\beta$ , przy którym żaluzja osiąga maksymalną skuteczność w badanym zakresie przy zachowaniu pozostałych parametrów idem - wykonano następujące pomiary:

$$\eta_{0\beta} = f(\beta)$$

dla:  $\beta = 25^\circ; 30^\circ; 35^\circ; 40^\circ; 45^\circ$

$c_1 = 6; 12; 18 \text{ m/s}$

$\frac{L}{h} = 3$  przy  $l = 25, 50 \text{ mm}$

$\frac{L}{h_1} = 4,5$  "  $l = 25, 50 \text{ mm}$

$\frac{L}{h} = 6$  "  $l = 25, 50, 75 \text{ mm}$

$\frac{c_3}{c_1} = 1$

powietrze o temperaturze  $32^\circ\text{C}$ .

Dla  $c_1 = 6 \text{ m/s}$ ,  $l = 25 \text{ mm}$ ,  $\frac{L}{h} = 3; 4,5; 6$

powietrze o  $t = 243^\circ\text{C}$ .

Zapylenie powietrza  $S_r = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^3$ .

Pył o charakterystyce jak na wykresie rys.4.

Uporządkowane wyniki pomiarów podano na wykresach 9, 10, 11, 12.

Z wykresów tych wynika, że żaluzja osiąga maksymalną skuteczność w badanym zakresie dla pozostałych parametrów idem przy kącie  $\beta \approx 40^\circ$ , przy czym wpływ kąta  $\beta$  na  $\eta_{02}$  jest większy przy mniejszej podziałce łopatek  $l = 25 \text{ mm}$  a maleje przy  $l = 75 \text{ mm}$ . Również ze wzrostem prędkości gazu wpływ kąta  $\beta$  na skuteczność żaluzji wzrasta (przy  $\frac{c_3}{c_1} = 1,5$  i 2 wpływ kąta  $\beta$  jest podobny).

Opierając się na przeprowadzonych doświadczeniach dalsze badania nad skutecznością żaluzji wykonano przy kącie pochylenia łopatek  $\beta = 40^\circ$ .

### 7.1.2. Wyznaczenie wpływu stopnia zapylenia spalin na skuteczność żaluzji

Opublikowane w literaturze technicznej wyniki badań nad skutecznością odpylaczy cyklonowych wykazują, że ze wzrostem stopnia zapylenia gazu skuteczność cyklonów wzrasta w następstwie większej liczby zderzeń między ziarnami solidusu, tworzenia się aglomeratów z małych ziarn ( $< 10\mu$ ) i zmiany warunków przepływu solgazu [31], [33], [35].

Jak to podano w rozdziale 6.3. zapylenie spalin kotłów rusztowych dla krajowych warunków zwykle waha się w granicach  $15-6 \text{ g/m}^3$ .



Dla stwierdzenia wpływu stopnia zapylenia gazu na skuteczność żaluzji w powyższych granicach wykonano następujące pomiary:

$$\eta_{o\dot{z}} = f(S_T)$$

dla  $S_T \approx 2; 4; 6 \text{ g/m}^3$

$c_1 = 6; 12; 18 \text{ m/s}$

$\beta = 40^\circ$

$$\frac{c_3}{c_1} = 1$$

$\frac{l}{h} = 3$  przy  $l = 25 \text{ mm}$

$\frac{l}{h} = 6$  przy  $l = 25 \text{ mm}$

powietrze o temp.  $32^\circ\text{C}$ .

Dla  $c_1 = 6 \text{ m/s}$ ,  $\frac{l}{h} = 6$ ,  $l = 25 \text{ mm}$  - powietrze o temperaturze  $243^\circ\text{C}$ .

Pył o charakterystyce jak na wykresie rys.4.

Uporządkowane wyniki pomiarów podano na wykresie 13.

Na podstawie wyników doświadczeń można przyjąć z wystarczającą dla celów przemysłowych dokładnością, że skuteczność żaluzji w wyniku zmiany zapylenia gazu w przebadanych granicach nie ulega zmianie.

Nieznacznym wpływem zapylenia gazu na skuteczność żaluzji w wykonanych badaniach zdaniem autora należy tłumaczyć stosunkowo małym zapyleniem gazu (małe zapylenie spalin z kotłów rusztowych) i małą zawartością ziarn  $< 10\mu$  skłonnych do tworzenia aglomeratów, a dużym udziałem frakcji  $> 100\mu$ , które przeciwdziałają tworzeniu się aglomeratów [31], [35].

W dalszych badaniach nad skutecznością żaluzji przyjęto stężenie zapylenia gazu  $S_T = 4 \text{ g/m}^3$  (przeciętne dla spalin kotłów rusztowych).

W badaniach posługiwano się stężeniem zapylenia gazu  $S_T \text{ g/m}^3$  jako pojęciem praktyczniejszym i bardziej rozpowszechnionym, natomiast w równaniu uogólnionym występuje stopień zapylenia gazu  $Y_T \text{ kg/kg}$  ( $Y_T = S_T \cdot v$ ).

### 7.1.3. Wpływ szerokości łopatek na skuteczność żaluzji

Zadaniem łopatek, jak to wynika z analizy odpylającego działania żaluzji, jest rozdział głównego strumienia gazu na szereg cienkich strug i zmiana ich kierunku ruchu przy wejściu do szczeliny między łopatkami żaluzji, gdzie zachodzi wytrącanie ziarn pyłu z gazu. Wymienione zadania spełnia w zasadzie czołowa krawędź łopatki (potwierdza to zdjęcie żaluzji podczas pomiaru rys.2).

Dla zbadania wpływu szerokości łopatek na skuteczność żaluzji wykonano następujące pomiary:

$$\eta_{o\dot{z}} = f\left(\frac{b}{h}\right)$$

dla:  $b = 40$  i  $50$  mm ( $\frac{b}{h} = 0,16$  i  $\frac{b}{h} = 0,20$ )

$$\beta = 40^\circ$$

$$\frac{c_3}{c_1} = 1$$

$$c_1 = 6; 12; 18 \text{ m/s}$$

$$\frac{l}{h} = 3 \text{ przy } l = 25 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{h} = 6 \text{ przy } l = 25 \text{ mm}$$

powietrze o temperaturze  $32^\circ\text{C}$ .

Dla  $c_1 = 6$  m/s;  $\frac{l}{h} = 6$ ;  $l = 25$  mm - powietrze o  $t = 243^\circ\text{C}$ .

Zapylenie powietrza  $S_\tau = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^3$ .

Pył o charakterystyce jak na wykresie rys.4.

Uporządkowane wyniki pomiarów podano na wykresie rys.14.

Jak to można było przypuszczać doświadczenia potwierdziły, że szerokość łopatki w przebadanych zakresach  $b = 40$  i  $b = 50$  mm ( $\frac{b}{h} = 0,16-0,20$ ) nie ma wpływu na skuteczność żaluzji.

W przemysłowych odpylaczach spalin najczęściej stosowane są łopatki o szerokości 40 lub 50 mm [3],[39],[40].

Dalsze badania w pracy wykonano przy  $b = 40$  mm czyli przy  $\frac{b}{h} = 0,16$ .

#### 7.1.4. Wyznaczenie wpływu $\frac{c_3}{c_1}$ na skuteczność żaluzji

W badanej konstrukcji żaluzji przekrój szczeliny odsysającej był równy  $F_3 = 0,1 F_1$ , a ilość odsysanego gazu stanowiła  $V_3 = 0,1 V_1$  przy założeniu, że  $\frac{c_3}{c_1} = 1$ .

W odpylaczach przemysłowych trudno zachować dokładnie stosunek  $\frac{c_3}{c_1} = 1$ .

Dla stwierdzenia wpływu  $\frac{c_3}{c_1}$  na skuteczność żaluzji przy pozostałych parametrach idem wykonano następujące pomiary:

$$\eta_{o\dot{z}} = f\left(\frac{c_3}{c_1}\right)$$

dla  $\frac{c_3}{c_1} = 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0$

$$\beta = 40^\circ$$

$$c_1 = 6; 12; 18 \text{ m/s}$$

$$\frac{L}{h} = 3 \text{ przy } l = 25 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{h} = 6 \text{ przy } l = 25 \text{ mm}$$

powietrze o temperaturze  $32^\circ\text{C}$ .

Dla  $c_1 = 6 \text{ m/s}$ ,  $\frac{L}{h} = 6$ ,  $l = 25 \text{ mm}$  - powietrze o  $t = 243^\circ\text{C}$ .

Zapylenie powietrza  $S_T = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^3$ .

Pył o charakterystyce jak na wykresie rys.4.

Uporządkowane wyniki pomiarów podano na wykresie rys.15.

Z doświadczeń wynika, że wpływ stosunku prędkości na skuteczność żaluzji w zakresie:

$0,8 \leq \frac{c_3}{c_1} \leq 1,2$  można pominąć, natomiast dla

$\frac{c_3}{c_1} < 0,8$  i  $\frac{c_3}{c_1} > 1,2$  - jest dość znaczny.

W pracy przedziałową skuteczność żaluzji wyznaczono dla stosunku  $\frac{c_3}{c_1} = 1$ , jaki zwykle stosowany jest przy doborze odpylaczy przez myślących.

Jak wynika z badań nie należy stosować  $\frac{c_3}{c_1} < 0,8$ , gdyż maleje wtedy bardzo znacznie skuteczność żaluzji.

#### 7.1.5. Wyznaczenie wpływu modułów bezwymiarowych Stk, Fr, $\frac{l}{h}$ na przedziałową skuteczność żaluzji

Po zbadaniu wpływu  $\beta$ ,  $\gamma_r$ ,  $\frac{b}{h}$  i  $\frac{c_3}{c_1}$  na odpylające działanie żaluzji przystąpiono do wyznaczenia przedziałowej skuteczności jako funkcji wielkości zawartych w modułach bezwymiarowych

$$\text{Stk} = \frac{d^2 \cdot c_1 \cdot \rho_s}{\gamma \cdot l}, \quad \text{Fr} = \frac{c_1^2}{g \cdot d}, \quad \frac{l}{h}, \quad \text{tzn. } \eta_{p\dot{z}} = f(\text{Stk}; \text{Fr}; \frac{l}{h}).$$

Wykonano pomiary:

$$\eta_{o\dot{z}} = f(c_1)$$

dla  $\beta = 40^\circ$

$$\frac{c_3}{c_1} = 1 \quad (\varphi = 0,1)$$

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$c_1 = 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18 \text{ m/s}$$

$$\frac{l}{h} = 3 \quad \text{przy } l = 25; 50 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{h} = 4,5 \quad \text{przy } l = 25; 50 \text{ mm}$$

$$\frac{l}{h} = 6 \quad \text{przy } l = 25; 50; 75 \text{ mm}$$

powietrze o temperaturze  $32^\circ\text{C}$ .

Dla  $\frac{l}{h} = 3; 4,5; 6$  przy  $l = 25 \text{ mm}$  - powietrze o temperaturze  $142^\circ\text{C}$  i  $243^\circ\text{C}$ .

Zapylenie powietrza  $S_r = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^3$ .

Pył o charakterystyce jak na wykresie rys.4.

Uporządkowane wyniki pomiarów podano w tabelach 8, 9, 10 i na wykresie rys.16.

Dla wyznaczenia przedziałowych skuteczności żaluzji w zakresie prędkości 6-12 m/s wykonano separatorem Bahco dla średnich wartości wyników powyższych doświadczeń analizy frakcyjnej pyłu uchwyconego w filtrze workowym, a następnie z wzoru (100a) obliczono przedziałowe skuteczności żaluzji. Wyniki analiz i obliczeń podano w tabelach 11, 12, 13, 14 oraz na wykresie rys.17.

Liczby  $Stk = \frac{d^2 \cdot \rho_s \cdot c_1}{\eta \cdot l}$  i  $Fr = \frac{c_1^2}{g \cdot d}$  dla przyjętych przedziałów wymiarowych obliczano dla średniej arytmetycznej wielkości ziarna danego przedziału np. dla przedziału 0-10 $\mu$  - średnia średnica zastępcza = 5 $\mu$  itd. Dla ziarn >60 $\mu$  przyjęto jako średnicę zastępczą 100 $\mu$ .

Tak obliczone liczby Stk i Fr dla wykonanych badań podane w tabelach 15, 16, 17 i 18, z których korzystano przy systematyzowaniu wyników doświadczeń.

## 7.2. Opracowanie wniosków doświadczeń

Naniesione na wykres rys.16 wyniki pomiarów wykazały, że skuteczność żaluzji przy stosowanym pyłe osiąga maksimum dla  $c_1=12$ m/s. Przy prędkościach większych skuteczność odpylającego działania żaluzji, jak to widać z wykresu, maleje dość znacznie.

Ponieważ ze wzrostem prędkości gazu rosną z kwadratem opory żaluzji [3], a przy  $c_1 > 12$  m/s maleje jej skuteczność, zakres prędkości powyżej 12 m/s nie wchodzi w rachubę dla żaluzjowych odpylaczy przemysłowych.

Dla wyznaczenia przedziałowych skuteczności żaluzji w zakresie prędkości  $c_1 = 6-12$  m/s wykonano analizy frakcyjne pyłu wytrąconego w odpylaczu (w filtrze workowym rys.1), a następnie z wzoru (100a) obliczono przedziałowe skuteczności żaluzji - wyniki analiz frakcyjnych i obliczeń podano w tabelach 11, 12, 13, 14 i na wykresie rys.17. W obliczeniach przyjęto skuteczność odpylającego działania filtra flanelowego równą 100%, co potwierdzały doświadczenia - zewnętrzna strona flaneli była zupełnie czysta.

Na przedziałową skuteczność żaluzji, jak to wynika z równania (95), oprócz modułów bezwymiarowych  $Stk$ ,  $\frac{l}{h}$ ,  $Fr$  mają wpływ także następujące wielkości:  $\beta$ ;  $\frac{c_3}{c_1}$ ;  $Y_T(S_T)$ ;  $\frac{b}{h}$ . Wpływ tych wielkości na skuteczność żaluzji ustalono na podstawie doświadczeń podanych w rozdziale 7.1.1; 7.1.2; 7.1.3; 7.1.4. W oparciu o wyniki pomiarów ustalono optymalną wielkość kąta  $\beta = 40^\circ$ , a pozostałe wielkości przyjęto:  $\frac{c_3}{c_1} = 1$ ,  $S_T = 4$  g/m<sup>3</sup>,  $b = 40$  mm ( $\frac{b}{h} = 0,16$ ), gdyż takie są najczęściej spotykane w instalacjach przemysłowych.

Przyjmując wielkości  $\beta, \frac{c_3}{c_1}, \gamma_T, \frac{b}{h}$  jako idem, równanie uogólnione (95) na skuteczność żaluzji przyjmie postać (wpływ wielkości  $\beta, \frac{c_3}{c_1}, \gamma_T, \frac{b}{h}$  ujmując stałą C):

$$\eta_{pż} = C \text{ Stk}^x \left(\frac{L}{h}\right)^y \text{ Fr}^z \quad (101)$$

7.2.1. Równanie korelacyjne dla zakresu liczby Stokesa

$$0,3 \leq \text{Stk} \leq 407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794}$$

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że dla prędkości wlotowej gazu do żaluzji  $c_1 \leq 12$  m/s wykładnik potęgowy przy liczbie Frouda wynosi  $z \approx -0,01$  i jest porównywalny z jego błędem średnim. Dla tego wpływ liczby Frouda na przedziałową skuteczność żaluzji dla prędkości  $c_1 = 6-12$  m/s można pominąć, a równanie korelacyjne na przedziałową skuteczność żaluzji w zakresie liczby Stokesa

$0,3 \leq \text{Stk} \leq 407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794}$ , obliczonego na podstawie wyników pomiarów przyjmie postać:

$$\eta_{pż} = C_1 \cdot \text{Stk}^x \cdot \left(\frac{L}{h}\right)^y \quad (102)$$

Wielkości  $C_1, x, y$  wyznaczono z danych doświadczalnych metodą najmniejszych kwadratów w ujęciu krakowianowym [1], [17].

Dla przeprowadzenia rachunku wyrównawczego sprowadzono równanie (102) do postaci liniowej, co uzyskano przez obustronne zlogarytmowanie.

Po uwzględnieniu występującej dla każdego pomiaru odchyłki  $v$  można napisać  $n = 172$  (liczba pomiarów) równań w postaci liniowej

$$\left[ \begin{array}{l} \lg C_1 + x \lg (\text{Stk})_1 + y \lg \left(\frac{L}{h}\right)_1 - \lg (\eta_{pż})_1 = v_1 \\ \lg C_1 + x \lg (\text{Stk})_2 + y \lg \left(\frac{L}{h}\right)_2 - \lg (\eta_{pż})_2 = v_2 \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ \lg C_1 + x \lg (\text{Stk})_n + y \lg \left(\frac{L}{h}\right)_n - \lg (\eta_{pż})_n = v_n \end{array} \right] \quad (103)$$

Równania obserwacyjne (103) o  $m = 3$  niewiadomych ( $\lg C_1, x, y$ ) są tu przedmiotem rachunku wyrównawczego. Ponieważ wszystkie pomiary były wykonywane tą samą metodą i przy pomocy tej samej aparatury oraz przez tych samych ludzi można przyjąć, że wykonane są z tym samym błędem średnim. Jest to równoważne z przyjęciem błędności  $F = 1$  dla wszystkich równań obserwacyjnych.  $F$ -pojęcie przyjęte za T. Banachiewiczem jest równoważne pojęciu wagi  $p$  wprowadzonej przez Gausa z tym, że pojęcie błędności jest bardziej ogólne. Błędność  $F$  jest względną miarą dokładności pomiaru. Między błędnością  $F$  a wagą  $p$  zachodzi zależność (1):

$$p^2 = \frac{1}{F} \quad (104)$$

Z równań obserwacyjnych (103) należy wyznaczyć takie wartości ( $\lg C_1, x, y$ ), dla których zgodnie z zasadą Legendrea suma kwadratów odchyłek osiąga minimum.

$$\sum_{i=1}^{i=n} v_i^2 = \text{minimum} \quad (105)$$

Metoda najmniejszych kwadratów w ujęciu krakowianowym polega na obliczeniu kwadratu krakowianu utworzonego ze współczynników równań (103), wyciągnięciu z niego pierwiastka kwadratowego postaci trójkątnej (nazywanym też ze względu na charakterystyczną budowę pierwiastkiem trójkątnym) i rozwiązaniu równań obserwacyjnych skondensowanych. Dla analizy błędów niezbędne jest obliczenie odwrotności pierwiastka trójkątnego. Operacje te opisują równania:

$$a^2 = A \quad (106)$$

oraz

$$r^2 = A \quad (107)$$

gdzie oznaczają:

$a$  - krakowian stałych współczynników równań (103),

$A$  - kwadrat krakowianu  $a$ ,

$r$  - pierwiastek kwadratowy postaci trójkątnej krakowianu  $A$ .

Odwrotność krakowianu  $r$  definiuje się jako:

$$r q = \tau \quad (108)$$

lub

$$r^{-1} = q \quad (108a)$$

gdzie:

$q$  - odwrotność krakowianu  $r$ ,

$\tau$  - symbol krakowianu jednostkowego.

Krakowian  $a$  dla układu równań (103) rozszerzony o kolumnę sumową (kolumna sumowa służy do kontroli poprawności obliczeń) można zapisać:

$$a = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & a_{41} & a_{51} \\ 1 & \lg(\text{Stk})_1 & \lg\left(\frac{I}{h}\right)_1 & \lg(\gamma_{p\dot{z}})_1 & P_{s1} \\ 1 & \lg(\text{Stk})_2 & \lg\left(\frac{I}{h}\right)_2 & \lg(\gamma_{p\dot{z}})_2 & P_{s2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \lg(\text{Stk})_n & \lg\left(\frac{I}{h}\right)_n & \lg(\gamma_{p\dot{z}})_n & P_{sn} \end{pmatrix} \quad (109)$$

Przy obliczaniu kwadratu krakowianu rachunek uproszczono przez rozdzielenie krakowianu  $a$  na 9 krakowianów blokowych. Zsumowanie kwadratów poszczególnych krakowianów blokowych daje krakowian  $A = a^2$ .

Obliczone wartości krakowianu  $A = a^2$ , pierwiastka trójkątnego  $r$  oraz  $q$  jako odwrotności krakowianu  $r$  podano w tabeli 1.



Tabela 1

1. Kwadrat krakowianu stałych współczynników równań (103)

$$A = a^2$$

	$A_{11}$	$A_{21}$	$A_{31}$	$A_{41}$	$A_{51}$
$A =$	172,0000	124,6666	106,8756	269,7487	673,2909
	124,6666	162,3218	73,2885	226,7894	587,0663
	106,8756	73,2885	69,1563	167,5672	416,8876
	269,7487	226,7894	167,5672	437,9679	1102,0732

2. Pierwiastek trójkątny z krakowianu A

	$r_{11}$	$r_{21}$	$r_{31}$	$r_{41}$	$r_{51}$
$r =$	13,1149	9,5057	8,1491	20,5681	51,3378
	0	8,4831	-0,4921	3,6867	11,6777
	0	0	1,5831	1,1180	2,7011
	0	0	0	0,2819	0,2821

3. Odwrotność krakowianu r - krakowian q (podano tu tylko elementy krakowianu niezbędne do dalszych obliczeń)

	$q_{11}$	$q_{21}$	$q_{31}$	$q_{41}$	$q_{51}$
$q =$	0,0763	0	0	0	0
	-0,0855	0,1179	0	0	0
	-0,4193	0,0366	0,6317	0	0
	.....	.....	.....	.....	.....

Elementy pierwiastka trójkątnego r są stałymi współczynnikami równań obserwacyjnych skondensowanych, których rozwiązaniem są wartości niewiadomych spełniających zależność (105). W danym przypadku równania skondensowane mają postać:

$$\left[ \begin{array}{l} 13,1149 \lg C_1 + 9,5057 x + 8,1491 y = 20,5681 \\ \phantom{13,1149 \lg C_1} 8,4831 x - 0,4921 y = 3,6867 \\ \phantom{13,1149 \lg C_1} \phantom{8,4831 x} 1,5831 y = 1,1180 \end{array} \right] \quad (110)$$

Rozwiązując powyższy układ równań otrzymano:

$$\begin{bmatrix} x = 0,4755 \\ y = 0,7062 \\ \lg C_1 = 0,7849 \\ \text{stad } C_1 = 6,093 \end{bmatrix} \quad (111)$$

### Analiza błędów

Analizę błędów przeprowadzono w oparciu o statystyczną teorię błędów. Błąd średni typowego spostrzeżenia, po uwzględnieniu przyjętych założeń co do błędności oblicza się z elementu  $r_{(m+1)(m+1)}$  pierwiastka trójkątnego wzorem:

$$s_0 = \frac{r_{(m+1)(m+1)}}{\sqrt{n-m}} \quad (112)$$

czyli

$$s_0 = \frac{r_{44}}{\sqrt{n-m}} = \frac{0,2819}{\sqrt{172-3}} = 0,0217 \quad (112a)$$

Błędy średnie niewiadomych określa zależność:

$$s_1 = F_1 \cdot s_0 \quad (113)$$

gdzie

$F_1$  - błędności niewiadomych, które można określić posługując się elementami krakowianu  $q$  podanego w tabeli 1.

Średni błąd  $s_x$  wielkości średniej  $x$  otrzymanej przy pomocy rachunku wyrównawczego, to wartość odchylenia wyniku pomiaru  $X$  od wartości średniej  $x$ , ( $|x-X| \leq s_x$ ), które nie przekracza błędu średniego  $s_x$  z prawdopodobieństwem  $p \approx \frac{2}{3}$ , przy założeniu że obowiązuje rozkład normalny. Innymi słowy mówiąc: w dużej serii pomiarów w przybliżeniu trzecia część wyników będzie się różniła od wartości średniej  $x$  więcej niż o błąd średni  $s_x$ . Ponieważ zdarzenie zachodzące z prawdopodobieństwem  $p \approx \frac{2}{3}$  nie można traktować jako prawie pewne, więc w powyższych rozważaniach określono również błędy, dla których odchyłki ( $|x-X| \leq \Delta x$ ) pomiarów zachodzą z prawdopodobieństwem  $p$  o takiej wielkości, aby można było je praktycznie przyjąć jako zdarzenie pewne. W dalszych rozważaniach błąd  $\Delta x$  nazwano błędem maksymalnym.

Zachodzi tu zależność [16]:

$$\Delta x = k s_x \quad (114)$$

Błądność i - tej niewiadomej określa zależność:

$$F_i = \sqrt{q_{11}^2 + q_{1(1+1)}^2 + \dots + q_{im}^2} \quad (115)$$

Stąd

$$F_{\lg C_1} = \sqrt{q_{11}^2 + q_{12}^2 + q_{13}^2} = \sqrt{0,0763^2 + (-0,0855)^2 + (-0,4193)^2}$$

$$F_{\lg C_1} = 0,4347$$

$$F_x = \sqrt{q_{22}^2 + q_{23}^2} = \sqrt{0,1179^2 + 0,0366^2} = 0,1236$$

$$F_x = 0,1236$$

$$F_y = \sqrt{q_{33}^2} = q_{33} = 0,6317$$

$$F_y = 0,6317$$

Podstawiając wartości liczbowe do równania (113) otrzymano następujące wartości błędów średnich niewiadomych ( $\lg C_1, x, y$ )

$$\left[ \begin{array}{l} s_{\lg C_1} = 0,4347 \cdot 0,0217 = 0,0094 \\ s_x = 0,1236 \cdot 0,0217 = 0,0027 \\ s_y = 0,6317 \cdot 0,0217 = 0,0137 \end{array} \right] \quad (113a)$$

Uwzględniając (111) i (113a) po zaokrągleniu otrzymano następujące wartości wyznaczonych zmiennych i ich błędów średnich:

$$\left[ \begin{array}{l} x = 0,476 \pm 0,003 \quad (\pm 0,6\%) \\ y = 0,796 \pm 0,014 \quad (\pm 2,0\%) \\ C_1 = 6,09 \pm 0,013 \quad (\pm 2,2\%) \end{array} \right] \quad (116)$$

Aby określić błąd maksymalny dla powyższych zmiennych korzystano z rozkładu t-Studenta. Przyjęto, że zdarzenie zachodzące z prawdopodobieństwem  $p = 0,99$  można traktować jako praktycznie pewne

dla  $p = 0,99$

$$f = n - m = 172 - 3 = 169$$

z tablicy Ib str.408 [16] odczytano:

$$k = 2,576$$

Podstawiając do (114) otrzymano:

$$\left[ \begin{array}{l} \Delta x = k s_x = 2,576 \cdot 0,0027 = 0,0070 \\ \Delta y = k s_y = 2,576 \cdot 0,0137 = 0,0353 \\ \Delta \lg C_1 = k s_{\lg C_1} = 2,576 \cdot 0,0094 = 0,0243 \end{array} \right] \quad (114a)$$

Maksymalne błędy zmiennych ( $C_1$ ,  $x$ ,  $y$ ) będą:

$$\left[ \begin{array}{l} x = 0,476 \quad \pm 0,007 \quad (\pm 1,5\%) \\ y = 0,706 \quad \pm 0,035 \quad (\pm 5,0\%) \\ C_1 = 6,09 \quad \pm 0,024 \quad (\pm 5,7\%) \end{array} \right] \quad (117)$$

Błąd średni znalezionej funkcji liniowej niewiadomych (116) określa związek:

$$s_{\lg \gamma_{p\bar{z}}} = F_{\lg \gamma_{p\bar{z}}} \cdot s_0 \quad (113b)$$

gdzie

$F_{\lg \gamma_{p\bar{z}}}$  - błędność funkcji

$$F_{\lg \gamma_{p\bar{z}}} = f \left( \text{Stk}, \frac{1}{h} \right)$$

Kwadrat błędności funkcji określa się wykorzystując krakowian  $q$ . Dla rozpatrywanego równania wzór przyjmuje postać:

$$F_{\lg \gamma_{p\dot{z}}}^2 = \left[ \begin{array}{c} 1 \\ \lg(\text{Stk}) \\ \lg\left(\frac{L}{h}\right) \end{array} \right] \cdot \left[ \tau_q \right]^2 \quad (118)$$

Stąd:

$$F_{\lg \gamma_{p\dot{z}}}^2 = \left[ \begin{array}{c} 1 \\ \lg(\text{Stk}) \\ \lg\left(\frac{L}{h}\right) \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{ccc} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ 0 & q_{22} & q_{23} \\ 0 & 0 & q_{33} \end{array} \right]^2 \quad (118a)$$

Uwzględniając wartości liczbowe krakowianu  $q$  tabela 1 otrzymano po wykonaniu rachunku równanie na kwadrat błędności funkcji, które w zapisie krakowianowym przyjmuje postać:

$$F_{\lg \gamma_{p\dot{z}}}^2 = \left[ \begin{array}{c} 0,0763 \\ -0,0855 + 0,1179 \lg(\text{Stk}) \\ -0,4193 + 0,0366 \lg(\text{Stk}) + 0,6317 \lg\left(\frac{L}{h}\right) \end{array} \right]^2 \quad (118b)$$

Z równania (118b) wynika, że błędność funkcji jest funkcją zmiennych (Stk) oraz  $\left(\frac{L}{h}\right)$ . Nas interesują oczywiście przypadki, w których błędność  $F_{\lg \gamma_{p\dot{z}}}$  a zatem i błąd funkcji osiąga w rozpatrywanym przedziale zmiennych (Stk) oraz  $\left(\frac{L}{h}\right)$  maksymalne wartości. Po przeanalizowaniu funkcji  $F_{\lg \gamma_{p\dot{z}}}^2$  okazało się, że błędność funkcji  $F_{\gamma_{p\dot{z}}} = f\left(\text{Stk}, \frac{L}{h}\right)$  osiąga maksymalne wartości dla  $\frac{L}{h} = 3$  oraz dla krańcowych wartości liczby Stk. Zatem maksymalne błędy występują przy  $\text{Stk} = 0,3$  oraz  $\text{Stk} = 57$ , przy czym iloczyn  $\text{Stk} \cdot \left(\frac{L}{h}\right) \leq 171$ . Podstawiając kolejno do równania (118b) wartości zmiennych  $\frac{L}{h} = 3$ ,  $\text{Stk} = 0,3$  oraz  $\frac{L}{h} = 3$ ,  $\text{Stk} = 57$  otrzymano wartości na błędność funkcji i wykorzystując równanie (113b) określono średnie błędy funkcji  $\gamma_{p\dot{z}} = f\left(\text{Stk}, \frac{L}{h}\right)$ . Wartości obliczonych błędów podano w tabeli 2.

Tabela 2

Stk	$F_{lg} \eta_{pż}$	$s_{lg} \eta_{pż}$	$s \eta_{pż} \%$
0,3	0,1613	0,0035	$\pm 0,8$
57	0,1882	0,0041	$\pm 1,0$

Maksymalny błąd funkcji można określić podobnie jak maksymalny błąd zmiennych:

dla

$$p = 0,99$$

$$f = n-m = 169$$

wg rozkładu t-Studenta

$$k = 2,576$$

ze wzoru

$$\Delta_{lg} \eta_{pż} = k \cdot s_{lg} \eta_{pż} \left( \text{Stk}, \frac{L}{h} \right) \quad (119)$$

Przy stałej wartości  $\frac{L}{h} = 3$  otrzymano:

dla

$$\text{Stk} = 0,3$$

$$\Delta_{lg} \eta_{pż} = 2,576 \cdot 0,0035 = 0,0090$$

$$\text{Stk} = 57$$

$$\Delta_{lg} \eta_{pż} = 2,576 \cdot 0,0041 = 0,0106$$

Maksymalne wartości błędów funkcji w przebadanym przedziale podano w tabeli 3.

Tabela 3

Stk	$\Delta \eta_{p\dot{z}}$	$\Delta \eta_{p\dot{z}} \%$
0,3	$\pm 0,18$	$\pm 2,1$
57	$\pm 2,3$	$\pm 2,5$

Równanie korelacyjne dla zakresu liczby Stokesa  $0,3 \leq \text{Stk} \leq 407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794}$  będzie więc miało postać:

$$\eta_{p\dot{z}} = 6,09 \cdot \text{Stk}^{0,476} \cdot \left(\frac{L}{h}\right)^{0,706} \% \quad (\pm 2,5\%) \quad (120)$$

Obliczony błąd maksymalny funkcji w tym przedziale nie przekracza  $\pm 2,5\%$ . Należy zaznaczyć, że maksymalny błąd funkcji maleje ze wzrostem liczby pomiarów, podczas gdy rozrzut punktów pomiarowych jest stały. W rozpatrywanym przypadku błąd maksymalny funkcji wynosi  $\pm 2,5\%$ , natomiast przeciętny rozrzut punktów pomiarowych waha się w granicach  $\pm 10\%$  (patrz rys.17).

### 7.2.2. Równanie korelacyjne dla zakresu liczby Stokesa

$$407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794} \leq \text{Stk} \leq 152$$

Z przeprowadzonego rachunku wynika, że dla liczby Stokesa  $407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794} \leq \text{Stk} \leq 152$  wykładnik potęgowy przy module geometrycznym  $\frac{L}{h}$  wynosi  $y = 0,034$  a jego błąd średni  $s_y \approx 22\%$ ; oznacza to, że może on być pominięty, a równanie korelacyjne na przedziałową skuteczność żaluzji dla tego zakresu sprowadzi się do postaci:

$$\eta_{p\dot{z}} = C_2 \text{Stk}^x \quad (121)$$

Rachunek przeprowadzono tą samą metodą jak poprzednio (dla  $n = 93$  pomiarów oraz  $m = 2$  niewiadomych  $\lg C_2, x$ ). Wartości krakowianu  $r$ , krakowianu  $q$  podane są w tabeli 4.

Tabela 4

$$A = \begin{matrix} & A_{11} & A_{21} & A_{31} & A_{41} \\ \left. \begin{matrix} 93,0000 & 161,3939 & 181,8979 & 463,2918 \\ 161,3939 & 285,9526 & 316,1673 & 763,5138 \\ 181,8979 & 316,1673 & 355,8198 & 853,8850 \end{matrix} \right\}$$

$$r = \begin{matrix} & r_{11} & r_{21} & r_{31} & r_{41} \\ \left. \begin{matrix} 9,6437 & 16,7358 & 18,8619 & 45,2414 \\ 0 & 2,4222 & 0,2058 & 2,6280 \\ 0 & 0 & 0,0304 & 0,0305 \end{matrix} \right\}$$

$$q = \begin{matrix} & q_{11} & q_{21} & q_{31} & q_{41} \\ \left. \begin{matrix} 0,1037 & 0 & 0 & 0 \\ -0,7164 & 0,4129 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{matrix} \right\}$$

Równania skondensowane mają postać:

$$\begin{cases} 9,6437 \lg C_2 + 16,7358 x = 18,8619 \\ 2,4222 x = 0,2058 \end{cases} \quad (122)$$

stąd

$$\begin{cases} x = 0,0850 \\ \lg C_2 = 1,8084 \\ C_2 = 64,33 \end{cases} \quad (123)$$

Błąd średni typowego spostrzeżenia ma wartość

$$s_o = \frac{r_{33}}{\sqrt{n-n_1}} = \frac{0,0304}{\sqrt{93-2}} = 0,0031 \quad (112b)$$

$$s_o = 0,0031$$



Błądności niewiadomych

$$F_{\lg C_2} = 0,7239$$

$$F_x = 0,4129$$

Uwzględnienie (123) prowadzi po zaokrągleniu do następujących wartości zmiennych i ich błędów średnich:

$$\left[ \begin{array}{l} x = 0,085 \pm 0,001 \quad (\pm 1,5\%) \\ C_2 = 64,33 \pm 0,34 \quad (\pm 0,5\%) \end{array} \right] \quad (124)$$

Błędy maksymalne niewiadomych

dla

$$p = 0,99$$

$$f = 91$$

$$k = 2,632$$

$$\left[ \begin{array}{l} x = 0,085 \pm 0,003 \quad (\pm 4,0\%) \\ C_2 = 64,33 \pm 0,9 \quad (\pm 1,4\%) \end{array} \right] \quad (125)$$

Średni błąd funkcji:

Błądność funkcji

$$F_{\lg \eta_{p\dot{z}}}^2 = \left[ \left[ \begin{array}{c} 1 \\ \lg \text{Stk} \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{cc} 0,1037 & -0,7164 \\ 0 & 0,4129 \end{array} \right] \right]^2 \quad (126)$$

Maksymalna błądność funkcji występuje na brzegach rozpatrywanego przedziału liczby Stokesa  $15,7 \leq \text{Stk} \leq 152$ .

Wartości maksymalne błędów średnich dla powyższego przedziału liczby Stokesa podano w tabeli 5.

Tabela 5

Stk	$F_{lg} \eta_{pż}$	$S_{lg} \eta_{pż}$	$S \eta_{pż} \%$
15,7	0,7142	0,0022	$\pm 0,5$
152	0,4631	0,0014	$\pm 0,4$

Maksymalny błąd funkcji podano w tabeli 6.

Tabela 6

Stk	$\Delta \eta_{pż} \%$
15,7	$\pm 1,3$
152	$\pm 0,8$

Równanie korelacyjne w przedziale liczby Stokesa

$407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794} \leq \text{Stk} \leq 152$  przyjmie więc postać:

$$\eta_{pż} = 64,33 \cdot (\text{Stk})^{0,085\%} \quad (\pm 1,3\%) \quad (127)$$

Obliczony maksymalny błąd funkcji w przebadanym przedziale liczby Stokesa nie przekracza  $\pm 1,3\%$ . Przeciętny rozrzut punktów pomiarowych wynosi  $\pm 5\%$  (patrz rys.17).

### 7.2.3. Równanie korelacyjne dla liczby Stokesa $\text{Stk} \geq 152$

Dla liczby Stokesa  $\text{Stk} \geq 152$  wykładniki potęgowe przy module geometrycznym  $\frac{L}{h}$  oraz przy liczbie Stokesa  $\text{Stk}$  są bardzo małe (porównywalne z ich błędem średnim) więc je pominięto, a równanie korelacyjne na przedziałową skuteczność żaluzji dla tego zakresu sprowadza się do postaci:

$$\eta_{pż} = C_3 \quad (128)$$

Rachunek wyrównawczy przeprowadzono tą samą metodą co poprzednio (dla  $n = 47$ ,  $m = 1$  niewiadoma  $C_3$ ).

Wartości krakowianu  $a^2 = A$ , pierwiastka trójkątnego  $r$  oraz odwrotności pierwiastka trójkątnego krakowian  $q$  podano w tabeli 7.

Tabela 7

$$A = \begin{matrix} & A_{11} & A_{21} & A_{31} \\ \left. \begin{matrix} 47,0000 \\ 93,7293 \end{matrix} \right\} & \begin{matrix} 93,7293 \\ 186,9188 \end{matrix} & \begin{matrix} 140,7293 \\ 280,6481 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$r = \begin{matrix} & r_{11} & r_{21} & r_{31} \\ \left. \begin{matrix} 6,8556 \\ 0 \end{matrix} \right\} & \begin{matrix} 13,6718 \\ 0,0262 \end{matrix} & \begin{matrix} 20,5274 \\ 0,0262 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$q = \begin{matrix} & q_{11} & q_{21} & q_{31} \\ \left. \begin{matrix} 0,1459 \\ \vdots \\ \dots\dots\dots \end{matrix} \right\} & \begin{matrix} \vdots \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

Równanie skondensowane ma postać:

$$6,8556 \lg C_3 = 13,6718 \quad (129)$$

stąd

$$\lg C_3 = 1,9942$$

$$C_3 = 98,68$$

Błąd średni typowego spostrzeżenia ma wartość

$$s_0 = \frac{r_{22}}{\sqrt{n-m}} = \frac{0,0262}{\sqrt{47-1}} = 0,0039 \quad (112c)$$

$$s_0 = 0,0039$$

Błąd średni niewiadomej  $C_3$

$$s_{lgC_3} = F_{lgC_3} \cdot s_0 \quad (113c)$$

$$F_{lgC_3} = q_{11} \quad (115a)$$

stąd

$$s_{lgC_3} = 0,1459 \cdot 0,0039 = 0,0005$$

$$C_3 = 98,68 \pm 0,15 \quad (\pm 0,2\%)$$

Błąd maksymalny niewiadomej  $C_3$

dla

$$p = 0,99$$

$$r = 46$$

$$k = 2,689$$

$$\Delta lgC_3 = k \cdot s_{lgC_3}$$

$$\Delta lgC_3 = 2,689 \cdot 0,0005 = 0,0013$$

$$\Delta C_3 = \pm 0,3\%$$

Równanie korelacyjne dla  $Stk \geq 152$  ma więc postać:

$$\eta_{pż} = 98,68\% \quad (\pm 0,3\%) \quad (130)$$

Obliczony maksymalny błąd  $\eta_{pż}$  w przebadanym przedziale liczby Stokesa  $Stk \geq 152$  nie przekracza  $\pm 0,3\%$ . Natomiast przeciętny rozrzut punktów pomiarowych, jak to wynika z wykresu rys.17, wynosi  $\pm 0,6\%$ .

### 8. PORÓWNANIE WYNIKÓW BADAŃ Z DANYMI OPUBLIKOWANYMI W LITERATURZE TECHNICZNEJ

W krajowej literaturze technicznej nie zostały dotychczas opublikowane jakiegokolwiek dane, poza pracą autora, dotyczące żaluzjowych odpylaczy spalin, oparte na własnych pomiarach względnie doświadczeniach eksploatacyjnych. Publikowane o tej tematyce materiały zaczerpnięte są zwykle z literatury obcej.

W literaturze zachodnioeuropejskiej i USA są publikowane dane żaluzjowych odpylaczy, ale o charakterze ogólnym.

Najwięcej materiału na temat żaluzjowych odpylaczy spalin można znaleźć w literaturze ZSRR.

W książce M.G. Załogina i S.M. Szuchera [40] podane są skuteczności ogólne żaluzjowych odpylaczy, ale bez podania parametrów konstrukcyjnych żaluzji, cyklonu wytrącającego, charakterystyki pyłu i parametrów gazu.

Podany w tej książce wzór na skuteczność żaluzjowego odpylacza:

$$\eta_0 = \eta_{oz} \cdot \eta_{oc} \quad (131)$$

zdaniem autora nie odpowiada fizycznemu przebiegowi procesu odpylania gazu w żaluzjowym odpylaczu.

Skuteczność żaluzjowego odpylacza, jak to podano w rozdziale 3.2, jest funkcją skuteczności żaluzji, skuteczności cyklonu wytrącającego oraz stopnia odsysania gazu do cyklonu i ujmuje ją równanie (4).

Z wzoru (131) nie wynika, że ze wzrostem stopnia odsysania gazu do cyklonu wytrącającego rośnie skuteczność odpylacza. Jeżeli np. założymy, że przez żaluzję gaz nie płynie a tylko przez cyklon, to wówczas korzystając z wzoru (131) należy skuteczność żaluzji przyjąć równą 100%.

Z dostępnej w kraju literaturze zagranicznej na temat odpylaczy jedynie WTI - Moskwa [39] podaje przedziałową skuteczność żaluzjowego odpylacza spalin kotłowych, podobnej konstrukcji jak odpylacz badany, ale tylko dla  $\frac{L}{h} = 6$  i bez określenia parametrów mających wpływ na  $\eta_{po}$ .

Dla odpylacza o danych żaluzji:  $\frac{L}{h} = 6$ , podziałka kątowników  $l = 50$  mm,  $\beta = 30^\circ$ ,  $\varphi = 0,1$  (dalszych parametrów nie podano) wg WTI dla pyłu o  $\rho_s = 2$  g/cm<sup>3</sup> skuteczności przedziałowe wynoszą:

d $\mu$	5	10	15	20	25	30	40	50	60	100
$\eta_{po}$ %	25	47	63	76	86,5	91,3	94,8	96,5	97,7	100

Skład frakcyjny pyłu wyznaczono separatorem powietrznym wg metody WTI.

Według WTI badania szeregu żaluzjowych odpylaczy spalin kotłowych wykazały następujące skuteczności ogólne [39]:

Dla palenisk rusztowych	80-90%
Dla palenisk na torf frezowany mielony w młynie szybowym	70-75%
Dla palenisk pyłowych z młynami szybowymi	70-80%
Dla palenisk pyłowych z młynami kulowymi	60-65%

Dla porównania podane przez WTI skuteczności przedziałowe i wyniki własnych badań naniesiono na wykres rys.18 w układzie logarytmicznym  $\eta_{po} = f(d)$ , zakładając, że dla obydwu przypadków skuteczności przedziałowe podane zostały dla parametrów nie wymienionych (np. prędkość na wlocie do żaluzji), przy których odpylacz osiąga maksymalną skuteczność.

Aby wyniki były porównywalne przedziałowe skuteczności żaluzji o danych  $\frac{L}{h} = 6$ ,  $\beta = 40^\circ$ ,  $\varphi = 0,1$  i odpowiednio  $l = 25$  mm i  $l = 50$  mm dla odpylacza autora wyznaczono z równań korelacyjnych (120), (127), (130) dla  $\rho_s = 2$  g/cm<sup>3</sup>, temperaturą spalin 200°C, [CO<sub>2</sub>] = 8,5%, prędkość spalin w przekroju wlotowym  $c_1 = 12$  m/s.

Ponieważ WTI podaje wypadkowe przedziałowe skuteczności odpylacza obliczone wzorem (131) przyjęto, że w żaluzjowych odpylaczach konstrukcji autora zastosowano cyklon wytrącający, który wg pomiarów [7] przeliczonych na warunki jak w odpylaczach żaluzjowych osiąga skuteczność:

Frakcje ( $\rho_s = 2$ g/cm <sup>3</sup> )	Cyklon autora $\phi 625$ $\eta_{pc}$
0-10 $\mu$	48,0%
10-20 $\mu$	87,0%
20-30 $\mu$	92,0%
30-40 $\mu$	94,0%
40-60 $\mu$	97,0%
> 60 $\mu$	99,0%

Obliczone z wzoru (4) przy powyższych założeniach wypadkowe skuteczności przedziałowe żaluzjowego odpylacza dla  $l = 50$  mm jak w odpylaczach WTI i dla  $l = 25$  mm jak zaleca autor naniesiono na wykres rys.18.

Z wykresu wynika, że odpylacz WTI o podziałce kątowników  $l=50\text{mm}$  osiąga wyższe skuteczności przedziałowe niż uzyskał autor na instalacji doświadczalnej i przy podziałce łopatek w żaluzji  $l=25\text{mm}$ .

Zdaniem autora różnice w skutecznościach przedziałowych odpylacza WTI i autora są głównie wynikiem wyznaczania składu frakcyjnego pyłu różnymi metodami.

Należy podkreślić, że krzywe skuteczności przedziałowych odpylacza WTI i autora w układzie logarytmicznym rys.18 posiadają trzy charakterystyczne zakresy (odcinki). Zjawisko to dowodzi, że warunki wytrącania ziarn pyłu są podobne i podlegają tym samym prawom.

## 9. OMÓWIENIE I ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki przeprowadzonych badań nad skutecznością odpylającego działania żaluzji ilustruje wykres rys.17.

Ułożenie wyników pomiarów i zmiana charakteru przebiegu przedziałowych skuteczności żaluzji wskazują na wyraźną zmianę liczb oporu ziarn na drodze odpylającego działania (na łuku przy wejściu do szczelin między łopatkami żaluzji) i dowodzą, że zależnie od Re ruch ziarn pyłu w gazie jest laminarny, przejściowy lub burzliwy, gdyż tylko przy zmianie charakteru przepływu występuje wyraźna zmiana (uskoki) wartości liczby oporu (patrz rys.7) dla ruchu ziarn w gazie [5].

Jak to widać na wykresie rys.17, przejście ruchu laminarnego w burzliwy dla badanych żaluzji zachodzi bardzo szybko (w wąskim zakresie liczb Stk) tak, że przy wyznaczaniu korelacji zakres ruchu przejściowego można było pominąć. I dlatego przy przecięciu korelacji 1 z korelacją 2 (rys.17) wyniki pomiarów odbiegają od wartości obliczonych z równań korelacyjnych (linie ciągłe).

Z wykresu rys.17 wynika, że w badanej żaluzji zmiana rodzaju przepływu zachodzi zależnie od wartości modułu geometrycznego  $\frac{l}{h}$  przy różnych liczbach Stk.

Zjawisko to zdaniem autora należy tłumaczyć tym, że przy  $\frac{l}{h} = 3$  (mała ilość łopatek) strugi gazu przy wejściu do szczelin między łopatkami żaluzji wykonują zwrot o większym średnim promieniu (o mniejszej krzywiznie) niż przy  $\frac{l}{h} = 4,5$  lub  $\frac{l}{h} = 6$ , a tym samym siły działające na ziarno, a więc i prędkości względne są mniejsze - mimo tych samych wartości liczb Stk. W liczbie Stk, która zawiera liczbę Re charakteryzującą ruch względny ziarna, prędkość względna ziarna w gazie wyrażona jest za pomocą prędkości gazu  $c_1$  (jest funkcją  $c_1$ ), stąd dla tych samych Stk a różnych  $\frac{l}{h}$  ruch ziarna (względny) ma inny charakter. Charakterystycznym jest również to, że skuteczności przedziałowe żaluzji dla  $\frac{l}{h} =$

$= 3$ ;  $\frac{L}{h} = 4,5$  i  $\frac{L}{h} = 6$  przy zmianie ruchu laminarnego w przejściowy, a następnie burzliwy są w przybliżeniu takie same.

Jak to widać na wykresie, przedziałowe skuteczności żaluzji dla pyłu, jaki stosowano w badaniach, posiadają trzy charakterystyczne przedziały, każdy o innym równaniu korelacyjnym.

Dla  $Stk > 152$  przedziałowa skuteczność żaluzji jest stała  $\eta_{pż} = C_3 \frac{L}{h} = 98,68\%$  i nie zależy od liczby  $Stk$  i modułu geometrycznego  $\frac{L}{h}$ . Oznacza to, że w tym zakresie siły działające na ziarna o średnicy  $d > 60\mu$  są wystarczająco duże, aby spowodować ich wytrącenie z gazu. Jedynie tylko pojedyncze ziarna na skutek przypadkowych ruchów przechodzą przez żaluzję.

W przedziale  $407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794} \leq Stk \leq 152$  (ruch względny ziarna burzliwy) przedziałowa skuteczność żaluzji maleje z  $98,68\%$  przy  $Stk = 152$  do ok.  $81\%$  przy  $Stk = 15,7$  i nie zależy praktycznie względnie nieznacznie od modułu geometrycznego  $\frac{L}{h}$ . Oznacza to, że część ziarn mimo ruchu burzliwego nie zdąży wydzielić się z gazu przy wejściu do szczelin między łopatkami żaluzji. Im większe ziarno na tym mniej pozostaje ich w gazie, gdyż siły działające na ziarno są większe, a tym samym prędkości promieniowe w kierunku łopatki także większe.

Z wartości wykładnika liczby  $Stk$  [ $x = 0,085$ ] można wywnioskować, że liczby oporu dla ziarn w tym zakresie są w przybliżeniu stałe jak dla burzliwego ruchu w gazie brył o nieforemnych kształtach [5].

Przy ruchu burzliwym wpływ modułu geometrycznego  $\frac{L}{h}$  na skuteczność odpylającego działania żaluzji jest nieznaczny - możliwy do pominięcia.

W zakresie liczby  $0,3 \leq Stk \leq 407,6 \left(\frac{L}{h}\right)^{-1,794}$  (ruch względny ziarna pyłu na drodze odpylającego działania - laminarny) przedziałowa skuteczność żaluzji maleje z ok.  $90\%$  do ok.  $7,4\%$  przy  $Stk = 0,3$ . W tym zakresie jak to wynika z równania (120) liczba  $Stk$  ma znacznie większy wpływ na  $\eta_{pż}$  niż w poprzednim co należy tłumaczyć zależnością liczb oporu ziarna od  $Re$  (patrz rys.7 i 8).

Również wpływ podstawowego parametru konstrukcyjnego żaluzji - modułu geometrycznego  $\frac{L}{h}$  - w zakresie ruchu laminarnego na przedziałową skuteczność żaluzji jest duży o czym świadczy jego wykładnik potęgowy  $y = 0,706$ . Moduł geometryczny  $\frac{L}{h}$  decyduje o prędkości względnej ziarna na drodze odpylającego działania.

Badania wykazały spadek ogólnej skuteczności odpylającego działania żaluzji przy prędkościach  $> 12$  m/s. Zdaniem autora jest to wynikiem ponownego unoszenia przez gaz wytrąconych drobnych frakcji pyłu.

Jak to wynika z obliczeń w rozdziale 7.2.1 wykładnik potęgowy liczby  $Fr = \frac{c_1^2}{d \cdot g}$  charakteryzującej stosunek siły bezwładności do



siły ciężkości jest ujemny, czyli ze wzrostem liczby  $Fr$  dla  $c_1 > 12$  m/s skuteczność żaluzji maleje przy pozostałych parametrach idem.

Z wyników badań można wnioskować że dla  $c_1 > 12$  m/s liczba  $Fr$  ma znaczny wpływ na przedziałową skuteczność żaluzji, zwłaszcza dla małych ziarn, dla których liczby  $Fr$  są duże (patrz tabele 15-18).

Szereg autorów prac z dziedziny odpylania spalin w oparciu o własne badania posługuje się przy wyznaczaniu skuteczności odpylaczy bezwładnościowych (odpylaczy cyklonowych) ziarnem granicznym - obliczanym analitycznie przy założeniu, że działająca na ziarno siła (odśrodkowa) jest równoważona oporem ziarna wyznaczonym z prawa Stokesa jak dla kuli [6], [12], [19], [33]. Zależnie od przyjętych założeń wzór na wielkość ziarna granicznego dla odpylaczy cyklonowych przyjmuje różne formy np.

$$d_g = \sqrt{\frac{18 \eta r_1 \operatorname{tg} \alpha}{\rho_B c \cos \alpha}}$$

$r_1$  - promień rury wylotowej,

$\alpha$  - kąt pochylenia spirali, po jakiej porusza się ziarno do końca o promieniu  $r_1$ ,

$c$  - prędkość gazu styczna do spirali.

Po obliczeniu ziarna granicznego dla pyłu o znanej charakterystyce frakcyjnej odejmuje się wagowy udział ziarn mniejszych od  $d_g$ , pozostałość daje skuteczność ogólną odpylacza  $(100 - R_{(d_g)}) = \eta\%$ .

Metoda ta, jak to wynika z pomiarów odpylaczy żaluzjowych i cyklonowych, nie odpowiada rzeczywistemu przebiegowi procesu wytrącania ziarn pyłu z gazu, tym samym tylko przypadkowo może dać wyniki zgodne z wyznaczonymi przez pomiary.

We wzorach na  $d_g$  z parametrów pyłu występuje tylko  $\rho_B$ . A więc dla pyłu o różnym udziale poszczególnych frakcji wymiarowych większych od  $d_g$ , a o tym samym udziale frakcji mniejszych od  $d_g$  obliczona tą metodą skuteczność ogólna odpylaczy będzie taka sama, czemu zaprzeczają wyniki badań odpylaczy żaluzjowych i cyklonowych podane na rys. 18.

W pracy [19] autor proponuje do obliczania  $d_g$  przyjmować liczbę oporu dla ruchu ziarna wg [10], to jest  $\psi = 1,4 Re^{-0,18}$ . Zależność ta została wyznaczona dla ziarn piasku o wymiarach 70, 200 i 845  $\mu$  przy przepływie powietrza przez pionową rurkę szklaną o średnicy 32 mm i długości 1500 mm, a więc dla ziarn o innej budowie i dla innych warunków przepływu.

Wyniki badań autora jak również wyniki pomiarów odpylaczy podane na rys. 18 wykazują, że podanego w pracy [10] wzoru na liczbę oporu dla ziarn piasku nie można stosować dla ruchu ziarn pyłu w odpylaczach żaluzjowych i cyklonowych.

Jak to widać na rys.8 prędkość ziarna obliczana dla liczby oporu  $\psi = 1,4 Re^{-0,18}$  jest linią prostą, gdy tymczasem w przedziałowych skutecznościach odpylaczy żaluzjowych i cyklonowych występuje załamania (rys.17 i 18) świadczące o zmianie liczby oporu dla laminarnego i burzliwego ruchu ziarna w gazie na drodze odpylającego działania [5]. Oczywiście wartości liczb oporu są na pewno inne niż podano na rys.7 dla kuli.

W. Barth [4] posługuje się dla wyznaczenia skuteczności odpylaczy cyklonowych również granicznym wymiarem ziarna. Jednakże w oparciu o wyniki badań przyjmuje, że skuteczność odpylania obliczonego ziarna granicznego przy przyjętych założeniach dla badanych cyklonów wynosi 50%, a dla ziarn większych i mniejszych od  $d_g$  podaje wykres  $\eta_{pc} = f\left(\frac{d}{d_g}\right)$ .

Metoda ta również nie zupełnie odpowiada rzeczywistości przebiegowi wytrącania ziarn pyłu w odpylaczach bezwładnościowych. Np. przyjmując prędkość gazu na wlocie do odpylacza - dla przykładu 20 m/s i 40 m/s - wówczas obliczona wielkość ziarna granicznego dla 40 m/s będzie znacznie mniejsza, a więc ogólna skuteczność odpylacza większa niż dla 20 m/s. Natomiast wielokrotne badania [12],[30] wykazały, że przy prędkościach gazu powyżej 25 m/s skuteczność odpylaczy cyklonowych maleje na skutek ponownego unoszenia wytrąconych ziarn, co z omawianego wykresu nie wynika.

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie wpływu parametrów konstrukcyjnych na przedziałową skuteczność żaluzji. Badania wykonano na pyłe o przeciętnej charakterystyce dla kotłów rusztowych i stosowano najbardziej rozpowszechnioną w kraju metodę wyznaczania składu frakcyjnego pyłu mimo jej wad.

Należy nadmienić, że przy innej charakterystyce pyłu wyniki pomiarów mogą nieco różnić się od wyników uzyskiwanych w badaniach. W miarę doskonalenia metod wyznaczania udziałów wagowych poszczególnych frakcji i ich zawężania a zwiększania ilości przedziałów wymiarowych stałe C, wykładniki potęgowe i zakresy równań korelacyjnych być może będą wymagały korygowania, natomiast opracowana metoda pozostanie słuszną również dla zwiększonej ilości frakcji wymiarowych, a jej wyniki będą wówczas dokładniejsze.

## 10. WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania nad skutecznością odpylającego działania żaluzji wykazały, że liczba oporu ziarna pyłu  $\psi$  nie może być wyrażona jedną funkcją ciągłą liczby  $Re$  (patrz rys.7, 8 i 17). Opierając się na wynikach pomiarów podanych na rys.18 można przyjąć, że wniosek ten jest również słuszny dla odpylaczy cyklonowych. Przy wyznaczaniu równań korelacyjnych na skuteczność żaluzji zakres ruchu przejściowego można pominąć, gdyż zmiana laminarnego ruchu ziarna pyłu w burzliwy następuje bardzo szybko - w wąskim zakresie liczb  $Stk$ .

2. Analityczne obliczanie skuteczności odpylaczy żaluzyjnych w oparciu o wymiar ziarna granicznego nie odpowiada rzeczywistości przebiegowi procesu wytrącania ziarna pyłu z gazu, a tym samym nie może dać poprawnych wyników.

3. Przedziałowe skuteczności odpylacza żaluzyjowego, a także cyklonowego można określić w układzie logarytmicznym  $\eta_{po} = f(d)$  przez podanie minimum 3 punktów. Na podstawie wyników pomiarów naniesionych na wykres rys.18 można stwierdzić, że podanie tylko 2 punktów (takie twierdzenia spotyka się w literaturze np. [12]) nie wystarcza dla jednoznacznego określenia przedziałowych skuteczności odpylaczy żaluzyjnych i cyklonowych.

4. Opracowana metoda pozwala na wyznaczanie przedziałowych skuteczności żaluzyjnych odpylaczy przy znanej charakterystyce cyklonów dla zakresów, jakie wchodzi w rachubę w odpylaczach przemysłowych, a następnie skuteczności ogólnej dla pyłu o znanym składzie frakcyjnym, zgodnie z rzeczywistym przebiegiem procesu wytrącania ziarna pyłu z gazu - i umożliwia porównywanie wyników pomiarów wykonanych przy różnych parametrach żaluzji i solgazu. Omawiana metoda może być stosowana również dla odpylaczy cyklonowych. Stosowany dotychczas sposób przedstawiania wyników badań nad skutecznością odpylaczy żaluzyjnych i cyklonowych jako funkcji wielkości ziarna  $\eta = f(d)$  nie daje możliwości określenia skuteczności odpylacza przy zmianie parametrów konstrukcyjnych i parametrów solgazu. Z opublikowanych dotychczas w literaturze technicznej wyników badań nad odpylaczami żaluzyjowymi, nie można wyznaczyć skuteczności odpylacza geometrycznie podobnego do badanego, ale o innych wymiarach względnie przy zmianie parametrów solgazu. Natomiast opracowana metoda daje możliwość wyznaczenia skuteczności frakcyjnych żaluzji dla różnych parametrów konstrukcyjnych i dla różnych parametrów solgazu.

5. Jak wykazały badania, żaluzja osiąga maksymalną skuteczność przy kącie pochylenia łopatek żaluzji do kierunku strumienia gazu pod żaluzją  $\beta = 40^\circ$ .

6. Wpływ stężenia zapylenia gazu w zakresie  $1,6-6,3 \text{ g/m}^3$  na skuteczność żaluzji jest bardzo mały i może być pomijany.

7. Szerokość łopatek w granicach  $40-50 \text{ mm}$  -  $(\frac{b}{h} = 0,16-0,20)$  - nie ma wpływu na skuteczność żaluzji.

8. Stosunek prędkości w granicach  $\frac{c_3}{c_1} = 0,8-1,2$  nie ma znaczącego wpływu na skuteczność żaluzji. Natomiast przy  $\frac{c_3}{c_1} < 0,8$  skuteczność żaluzji dość znacznie maleje, a dla  $\frac{c_3}{c_1} \geq 1,5$  wzrasta przy prędkościach  $c_1 = 6-12 \text{ m/s}$ , a maleje przy  $c_1 = 18 \text{ m/s}$ .

9. Badania wykazały, że w zakresie prędkości  $c_1 = 6-12 \text{ m/s}$  skuteczność żaluzji wzrasta i osiąga maksimum dla  $c_1 = 12 \text{ m/s}$ . Przy prędkościach  $c_1 > 12 \text{ m/s}$  ( $Fr > 2\,936\,000$  dla  $d = 5\mu$ ) skuteczność żaluzji maleje.

10. Na podstawie wykonanych badań otrzymano następujące korelacje dla przedziałowych skuteczności żaluzji w przebadanych zakresach:  $\beta = 40^\circ$ ;  $S_T = 1,6-6,3 \text{ g/m}^3$ ;  $b = 40-50 \text{ mm}$ ;  $(\frac{b}{h} = 0,16 - 0,20)$ ;  $c_1 = 6-12 \text{ m/s}$ ;  $\frac{c_3}{c_1} = 1$ ;  $l = 25-50 \text{ mm}$  dla  $\frac{l}{h} = 3-6$ ; i  $l = 25-75 \text{ mm}$  dla  $\frac{l}{h} = 6$ ; pył o charakterystyce jak dla kotłów rusztowych rys.4;  $Re \geq 10\,000$  (dla przekrojów ograniczających przepływ solgazu).

1) Dla zakresu:

$$0,3 \leq Stk \leq 407,6 \left(\frac{l}{h}\right)^{-1,794}$$

$$\eta_{p\dot{z}} = 6,09 \cdot Stk^{0,476} \cdot \left(\frac{l}{h}\right)^{0,706} \% \quad (\pm 2,5\%) \quad (120)$$

2) Dla zakresu:

$$407,6 \left(\frac{l}{h}\right)^{-1,794} \leq Stk \leq 152$$

$$\eta_{p\dot{z}} = 64,33 Stk^{0,085} \% \quad (\pm 1,3\%) \quad (127)$$

3) Dla zakresu:

$$\text{Stk} \geq 152$$

$$\eta_{p\dot{z}} = 98,68\% \quad (\pm 0,3\%) \quad (130)$$

11. Skuteczność ogólną żaluzjowego odpylacza ujmuje równanie

$$\eta_o = (1-\varphi) \sum \eta_{p\dot{z}} \eta_{pc} R_{p(d)} + \varphi \sum \eta_{pc} R_{p(d)} \quad (4)$$

ściśle słuszne dla nieskończenie małych przedziałów frakcyjnych a wystarczająco dokładne dla praktyki przemysłowej przy obecnie stosowanych przedziałach wymiarowych ziarn pyłu.

#### LITERATURA

- [1] T. Banachiewicz: Rachunek krakowianowy, PWN, W-wa 1959.
- [2] M. Baran: Zanieczyszczenie atmosfery przez kotłownie - SIITPH Katowice 1960.
- [3] M. Baran: Opory przepływowe żaluzji jako odpylaczy kotłów ru-sztowych - dysertacja doktorska 1962.
- [4] W. Barth: Berechnung u. Auslegung von Zyklonabscheidern auf Grund neuerer Untersuchungen. BWK H.1 - 1956.
- [5] J. Bukowski: Mechanika płynów, PWN, Warszawa 1959.
- [6] B. Eck: Technische Strömungslehre - Verlag 1957.
- [7] "Energopomiar" Gliwice: Sprawozdania z pomiarów kotłów paro-wych i urządzeń odpylających.
- [8] Th. Geissler: Das Aschenproblem in neuzeitlichen Dampfkraft-anlagen - Energie Nr 1 u. 4 1952.
- [9] W. Gumz: Kurzes Handbuch der Brennstoff- u. Feuerungstechnik. Springer-Verlag 1953.
- [10] G. Hudiakow: O dwiżenii twerdyh czastic w gazowzwiesi - Iz-wiestia Akademii Nauk SSSR Nr 7. 1953.
- [11] R.E. Johnstone, M.W. Thring: Instalacje doświadczalne, mode-le i metody powiększania skali - tłumaczenie PWT 1960.
- [12] J. Juda: Zwalczenie zapylenia - 1962.

- [13] A.G. Kasatkin: Podstawowe procesy i aparaty w technologii chemicznej - tłumaczenie PWT - 1954.
- [14] M. Ledinegg: Dampferzeugung Dampfkessel, Feuerungen Theorie, Konstruktion, Betrieb. Springer-Verlag, Wien 1952.
- [15] L.G. Łocjanski, A.L. Lurie: Kurs teoreticzeskoj miechaniki Tom II - Moskwa 1955.
- [16] J. Łukasiewicz, M. Warmis: Metody numeryczne i graficzne PWN, Warszawa 1956.
- [17] K. Machej: Zastosowanie krakowianów do opracowania wyników doświadczalnych w inżynierii chemicznej - CHEMIA STOSOWANA. - I, 23 (1963).
- [18] R. Meldau: Handbuch der Staubtechnik VDI, Düsseldorf - 1953.
- [19] W. Morozowska: Wpływ parametrów konstrukcyjnych cyklonu na charakterystykę jego pracy - ITC - Łódź 1963.
- [20] L. Müller: Teoria podobieństwa mechanicznego - WNT 1961.
- [21] R. Nagel: Der Zyklon als Staubabscheider. BWK Nr 10 - 1951.
- [22] R. Nagel: Probleme der Rauchgasentstaubung und der Staubbelastigung BWK Nr 9 - 1954.
- [23] R. Nagel: Der Einfluss von Messfehlern auf die Bestimmung des Entstaubungsgrades - VDI - Berichte Bd 7, 1955.
- [24] J. Naleszkiewicz: Mechanika techniczna PWT - 1952.
- [25] P. Noss: Messverfahren u. Messgeräte zur Staubgehaltbestimmung in strömenden Gasen - BWK Nr 7 - 1952.
- [26] St. Ochęduszek: Teoria Maszyn Ciepłych PWT - 1957.
- [27] P. Orłowski: Paleniska do spalania węgla kamiennego. Gospodarka węglem w przemyśle - PWT - 1957.
- [28] PAN (praca zbiorowa): Biuletyn Nr 25 - Zagadnienia prawne i ekonomiczne oddymiania - Warszawa 1959.
- [29] PAN (praca zbiorowa): Stan zanieczyszczenia atmosfery w GOP i jego wpływ na lokalizację dużych elektrowni na tym obszarze Warszawa 1961.
- [30] Przedsiębiorstwo Energomontażowe PW Chorzów: Sprawozdania z pomiarów kotłów parowych i urządzeń odpylających.
- [31] H. Rumpf: Das Granulieren von Stäuben und die Festigkeit der Granulate - Staub Nr 5 - 1959.
- [32] R. Schäff: Der Staub und seine Probleme bei Kesselanlagen BWK Nr 3 - 1962.

- [33] W. Sollbach: Zur Frage der Vorausberechenbarkeit von Gesamtabscheidegraden mechanischer Entstauber Staub Nr 4 1960.
- [34] VDI: Leistungsversuche an Entstaubern - VDI - Richtlinien 1949.
- [35] VDI (publikacja zbiorowa): Probleme des Zyklonabscheiders VDI - Verlag Düsseldorf 1954.
- [36] VDI (publikacja zbiorowa): Derzeitiger Stand der Entstaubungstechnik - Staub Nr 9 1961.
- [37] VGB (publikacja zbiorowa): Luftverunreinigung durch Rauchgase aus Dampfkesselanlagen - Mitt. VGB H. 34/35 1955.
- [38] T. Wróblewski: Urządzenia kotłowe - PWT - 1960.
- [39] WTI - Moskwa: Norma projektowania odpylacza żaluzjowego. WTI-Moskwa - 1954.
- [40] N.G. Załogin, S.M. Szucher: Oczistka dymowych gazow, Moskwa 1954.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖАЛЮЗИ  
НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖАЛЮЗИЙНОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ КОТЕЛЬНЫХ  
ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ

С о д е р ж а н и е

В работе дано описание действия жалюзийного пылеуловителя котельных продуктов горения собственной конструкции и его достоинства по отношению к другим пылеуловителям, а особенно к циклонным.

Применяя анализ размерностей, выведено обобщенное критериальное уравнение на интервальные эффективности жалюзи. Для обозначения его решений проведено испытание на специально для этой цели построенной опытной установке, технические данные которой даны в работе.

Из наблюдательных уравнений для проведенных исследований при применении метода наименьших квадратов в принятии краковянского исчисления подсчитано величины неизвестных обобщенного уравнения для отдельных диапазонов, определенных на основе результатов опытов, помещенных в диаграмме в логарифмической системе и ошибки функции при применении распределения  $t$ -Студента.

Результаты собственных исследований сравнено с результатами, опубликованными в технической литературе для этого типа пылеуловителей. Дана тоже в работе критика применяемых до сих пор методов для вычисления эффективности инерционных пылеуловителей и указаны достоинства собственного метода, представленного в работе.



INFLUENCE OF THE SHUTTER CONSTRUCTION PARAMETERS  
ON THE EFFICACY OF THE STEAM BOILER COMBUSTION GASES  
DUST EXTRACTOR

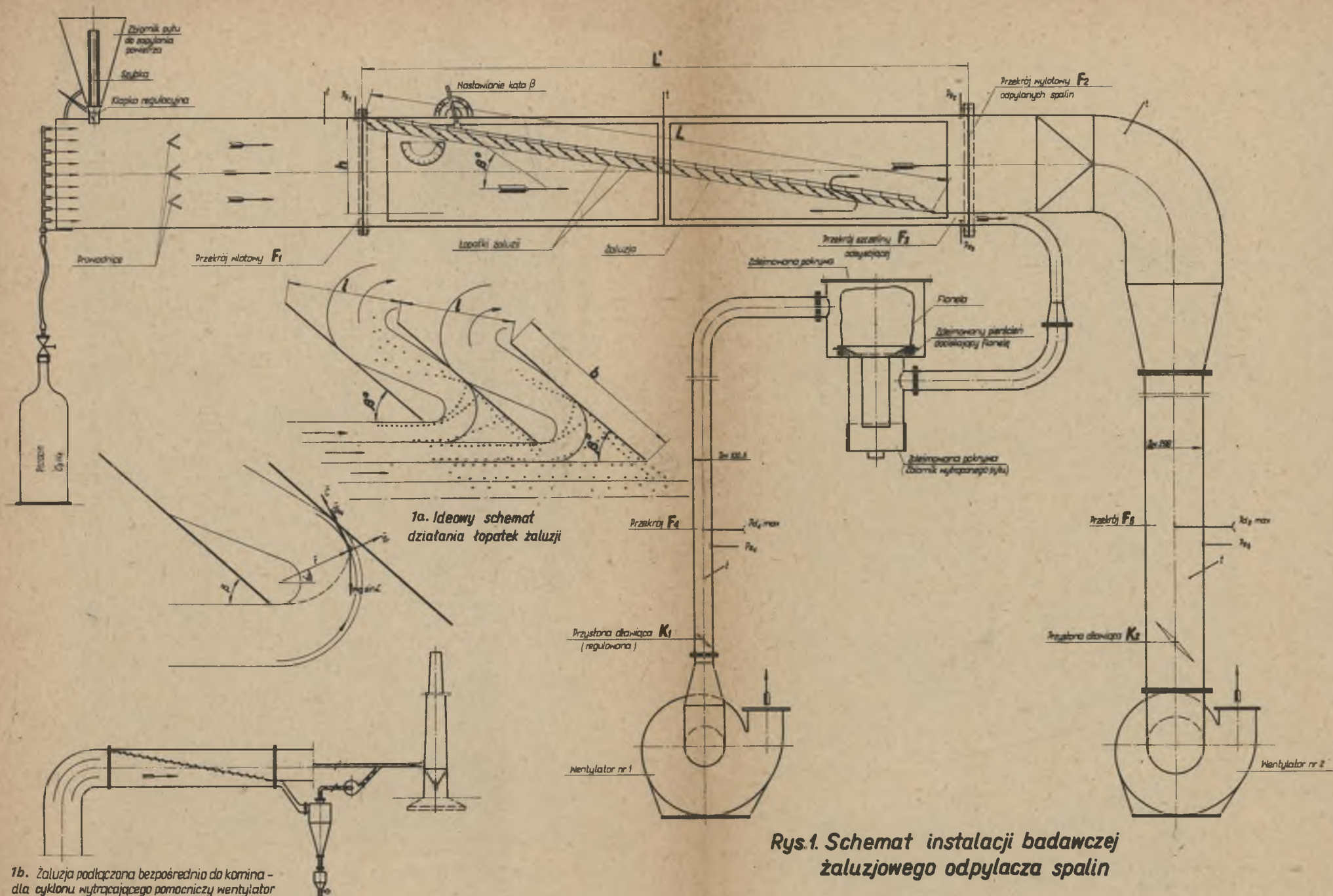
S u m m a r y

In this publication the description of the shutter work and its advantage in comparison with other combustion gases dust extractors, in particular cyclone ones has been given.

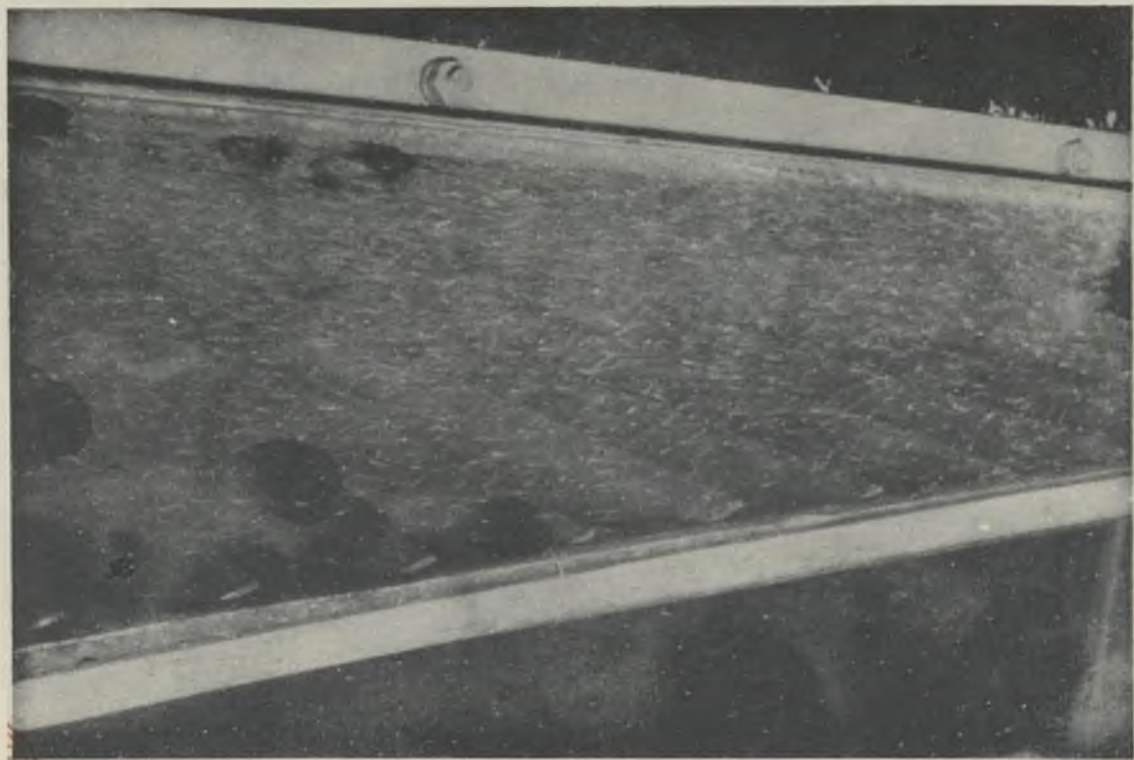
Applying the dimension analysis, the general criterion equation on the limits of the shutter efficacy has been derived. For its solutions, the investigations on specially for this purpose of these built installation have been performed. Technical data of investigations are given in this publication.

From experimental data of the investigations, applying method of least squares in Cracovian calculus coefficients the general equation for particular ranges was determined. The ranges were established from the results of investigation and plotted on the semi-log diagram. Also error functions, applying t-Student distribution were investigated.

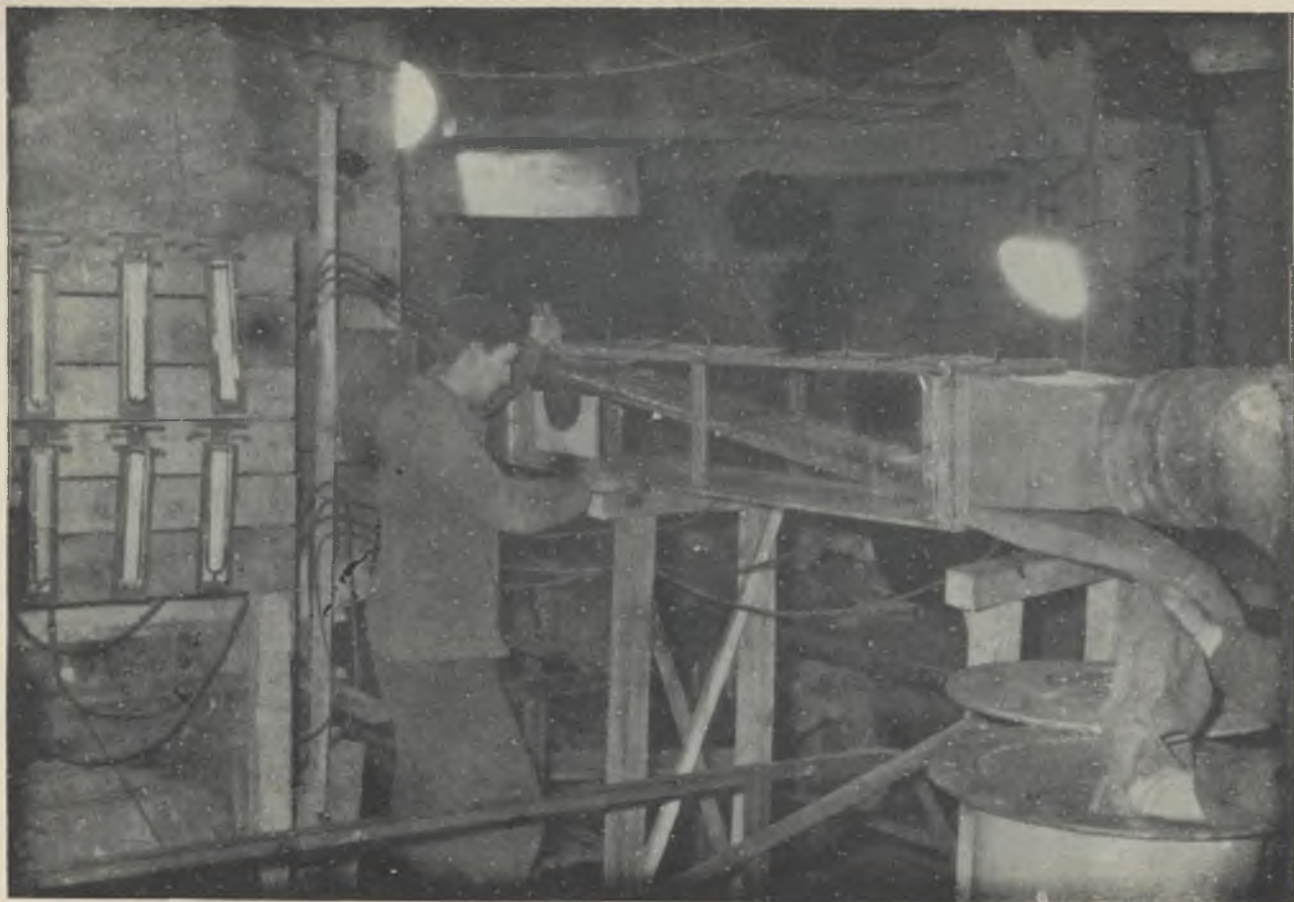
The results of investigations were compared with results published in the technical literature for this type of combustion gases dust extractors. The criticism of old methods calculating the efficacy of inertial combustion gases dust extractors has been quoted and advantages of the method, described in this publication have been given.



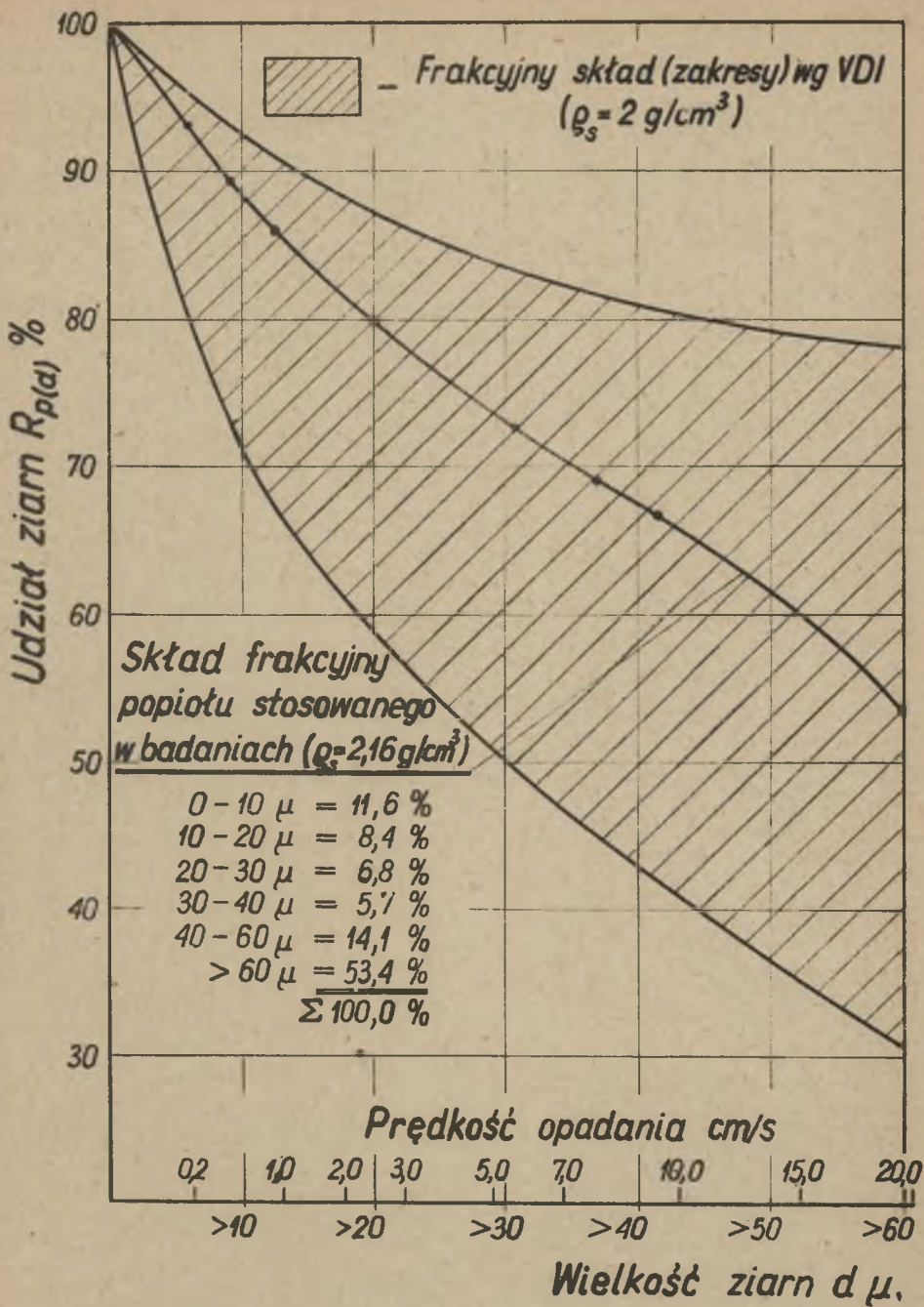
**Rys.1. Schemat instalacji badawczej żeluzjowego odpylacza spalin**



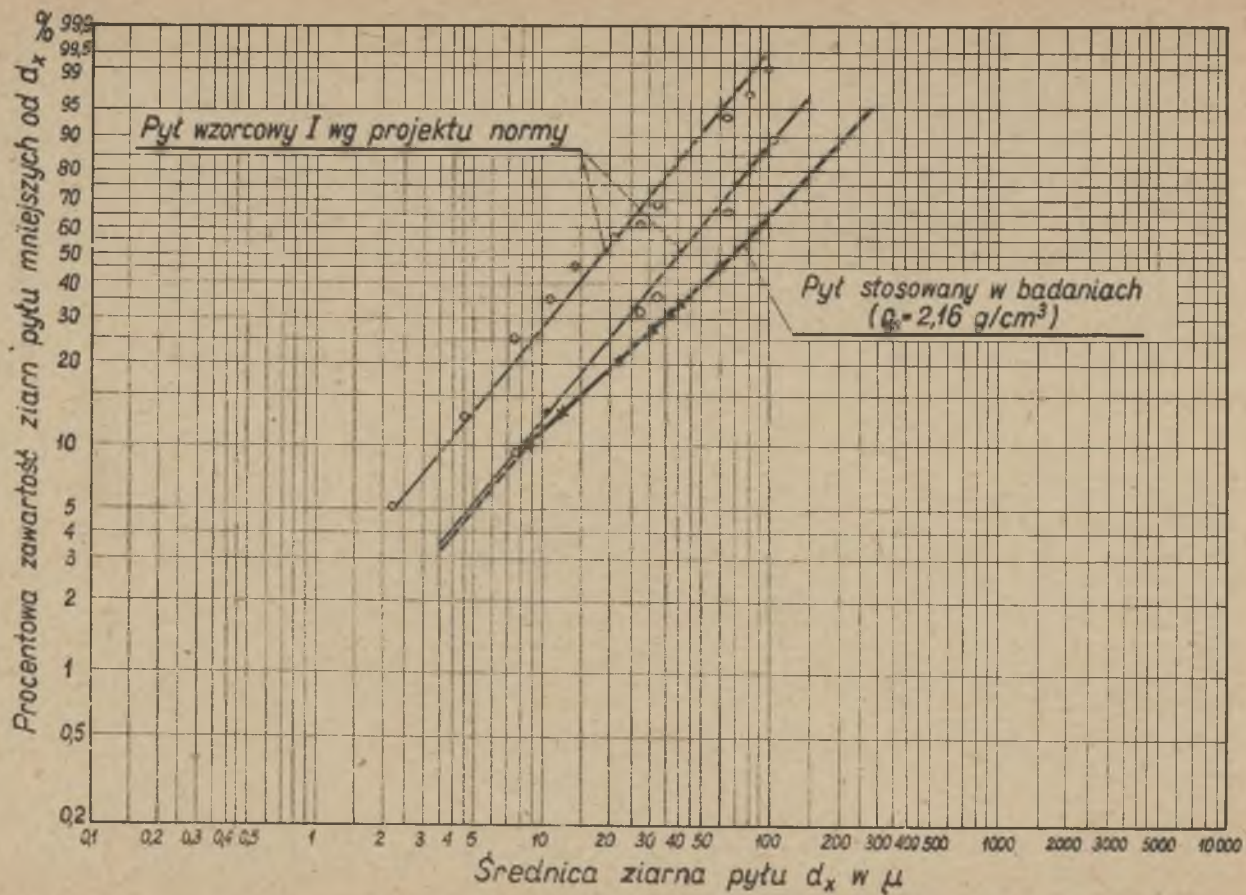
Rys.2. Instalacja badawcza - fragment żaluzji podczas pomiaru



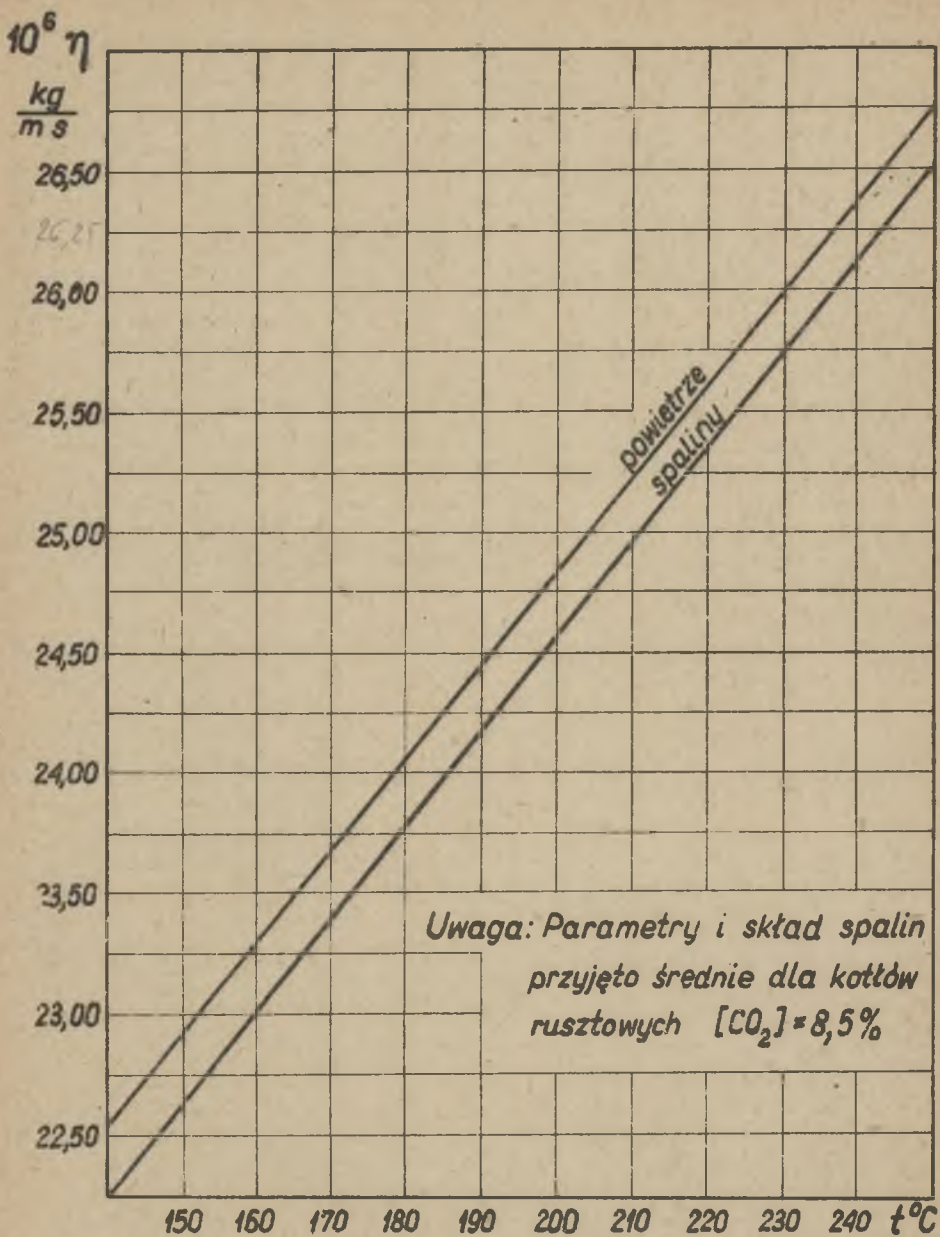
Rys.3. Instalacja badawcza - widok ogólny



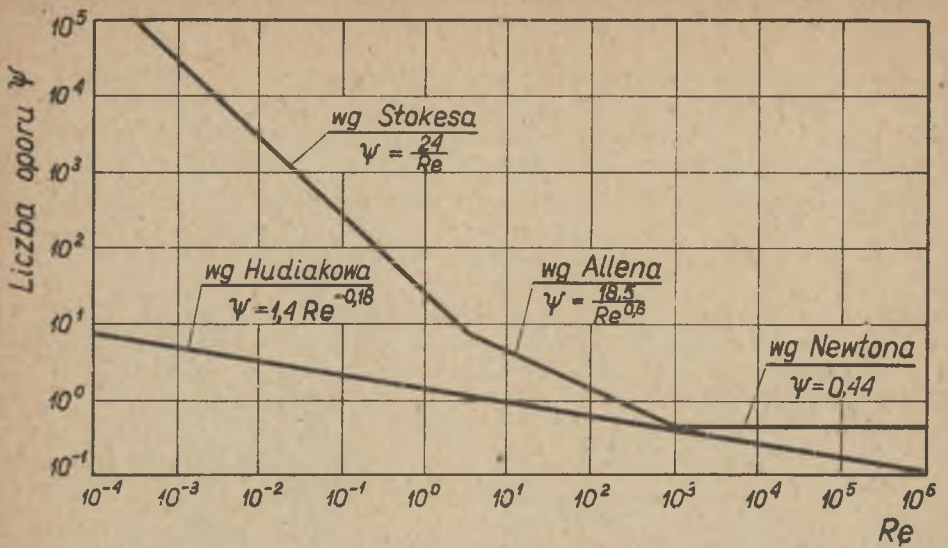
Rys.4. Charakterystyka pyłu użytego do badań



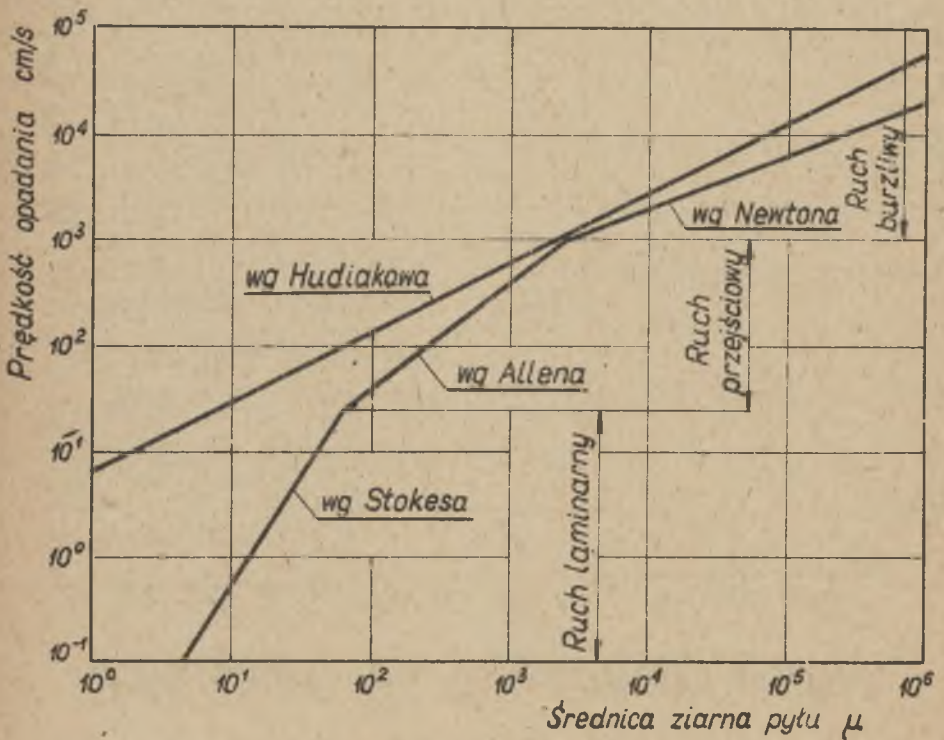
Rys.5. Charakterystyka pyłu wzorcowego I



Rys. 6. Zależność  $\eta$  od temperatury

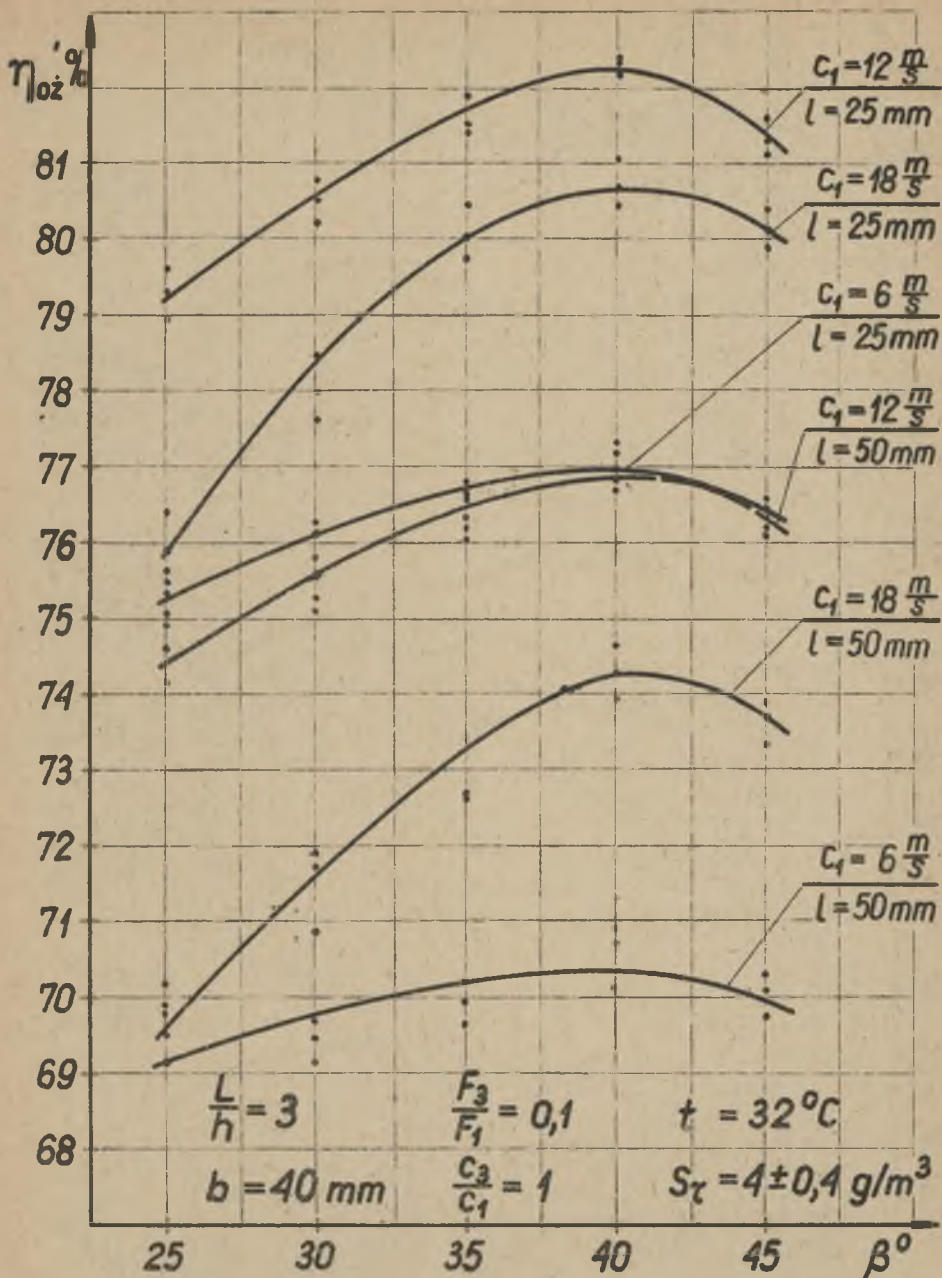


Rys.7. Liczby oporu dla ziarna pyłu (kuli)

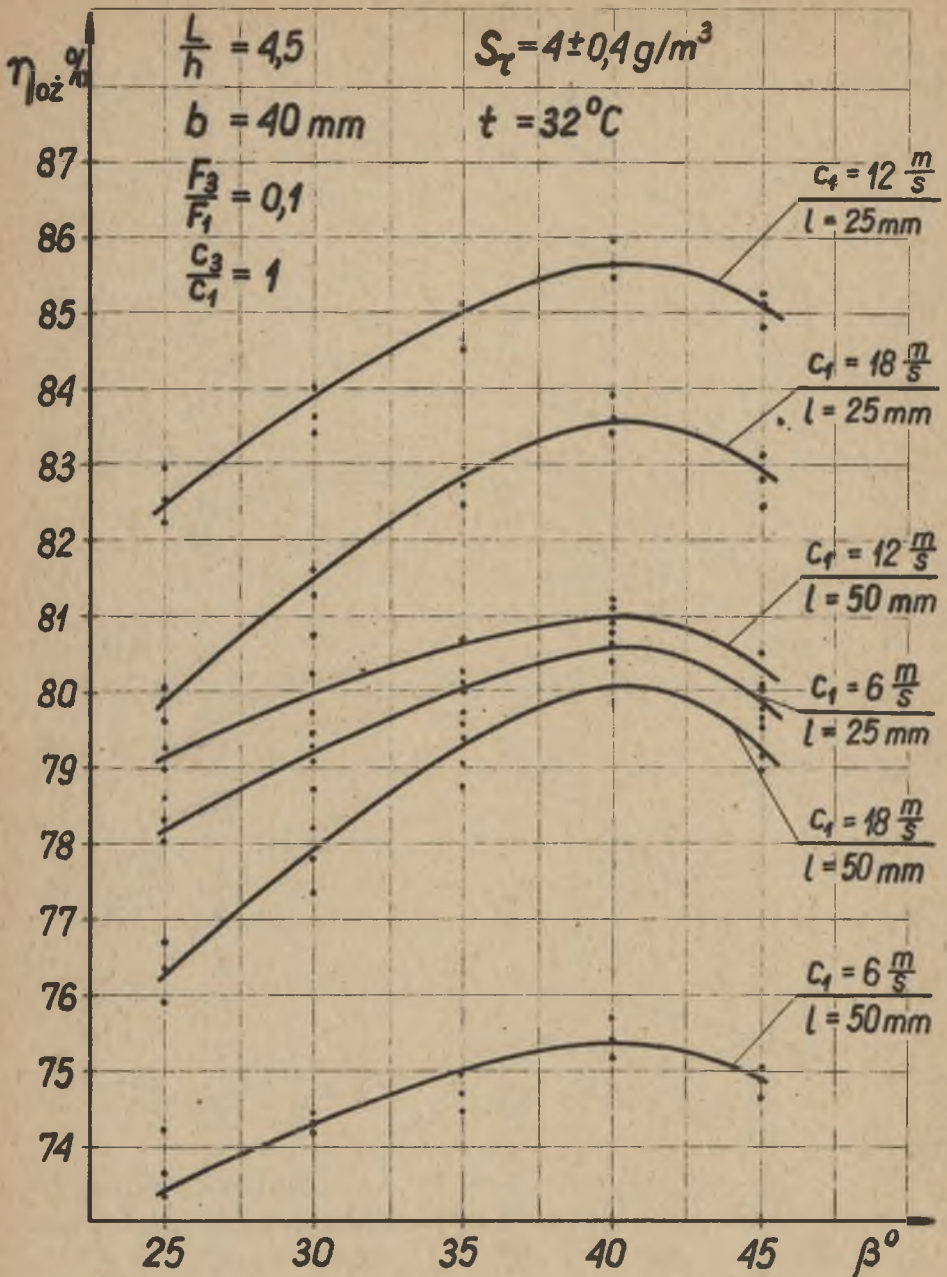


Rys.8. Prędkości opadania ziarna pyłu (kuli)

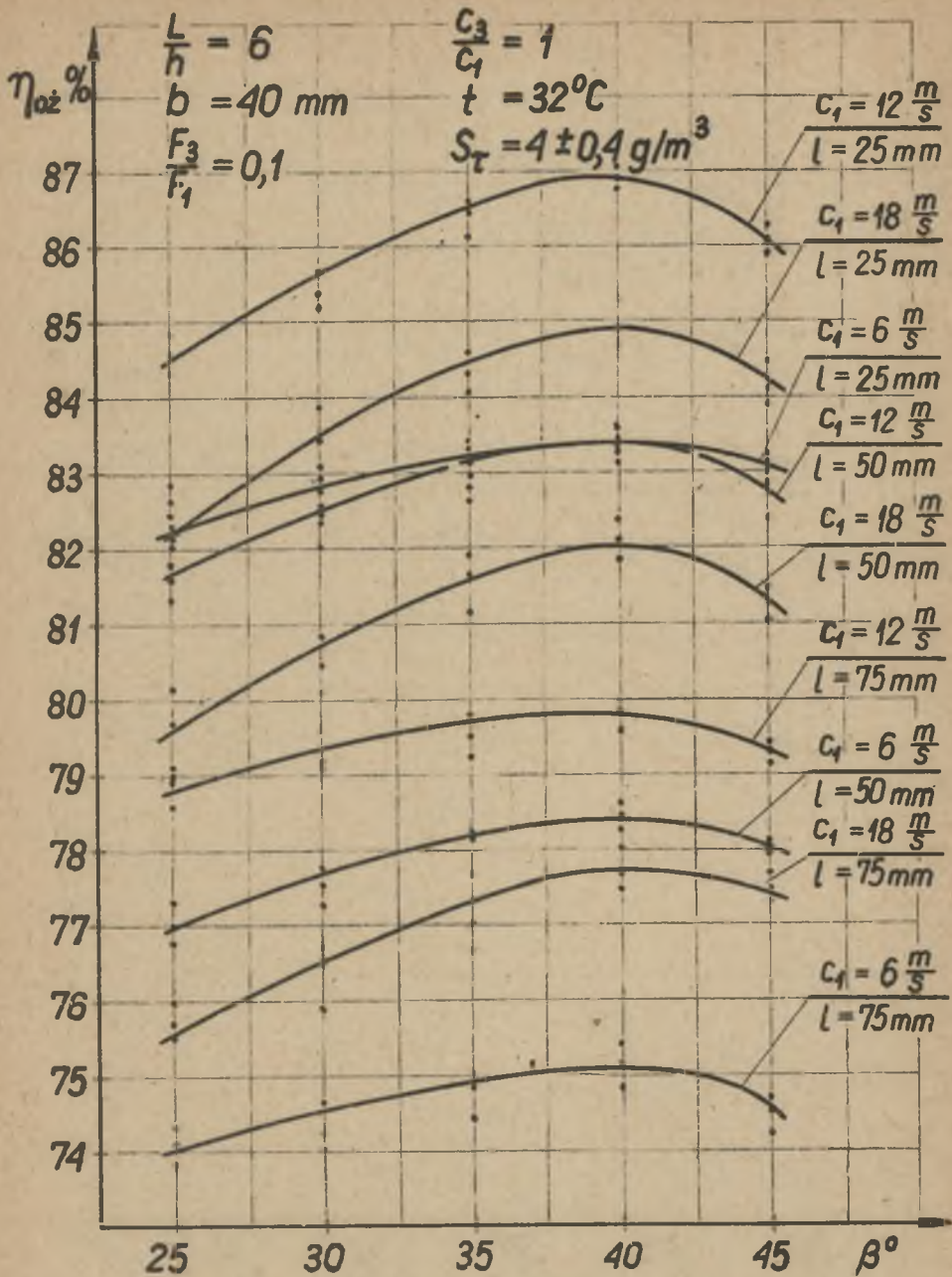




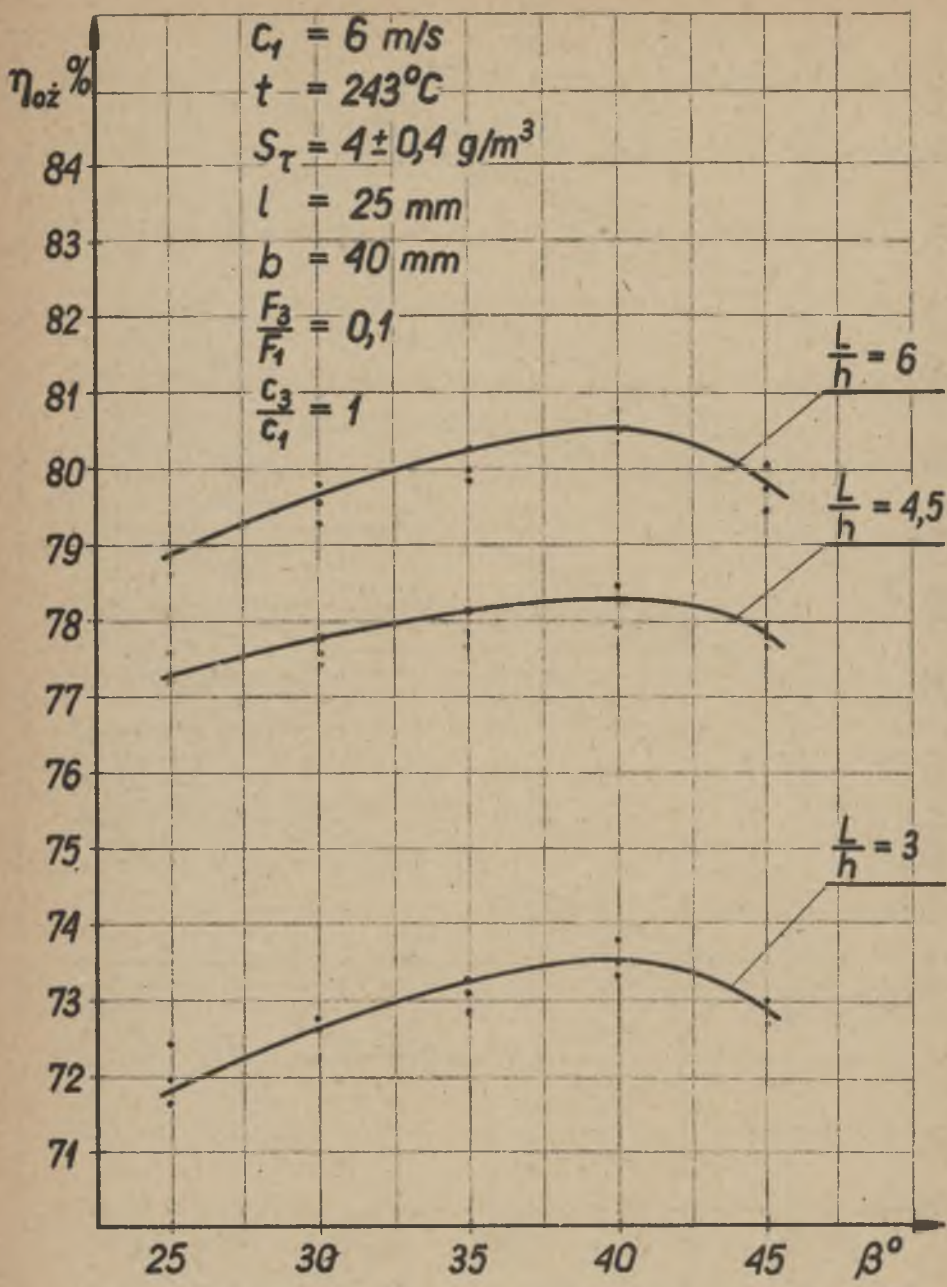
Rys. 9. Zależność  $\eta_{oz}$  od kąta  $\beta$  pochylenia łopatek żaluzji



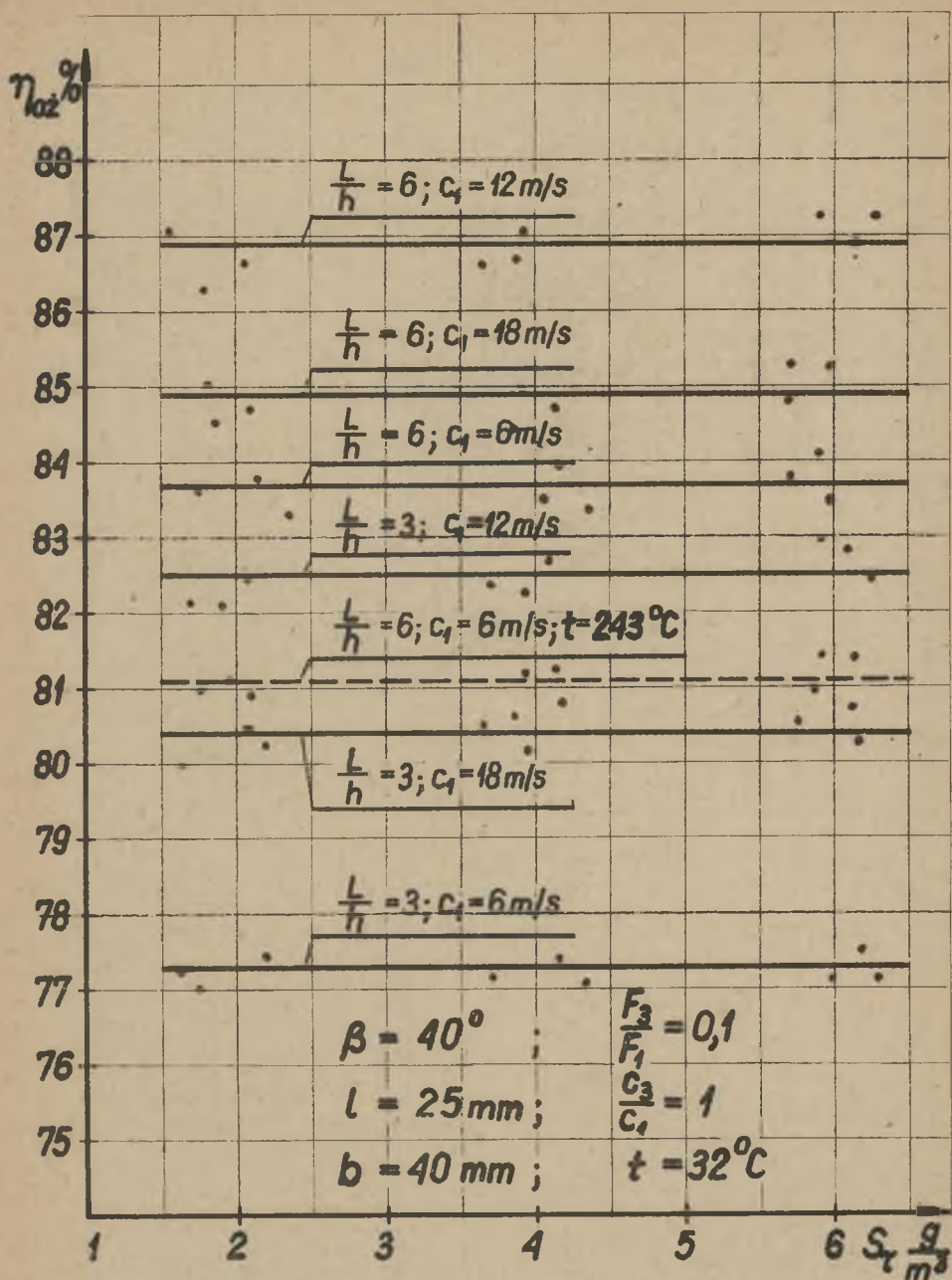
Rys. 10. Zależność  $\eta_{oz}$  od kąta  $\beta$  pochylenia łopatek żaluzji



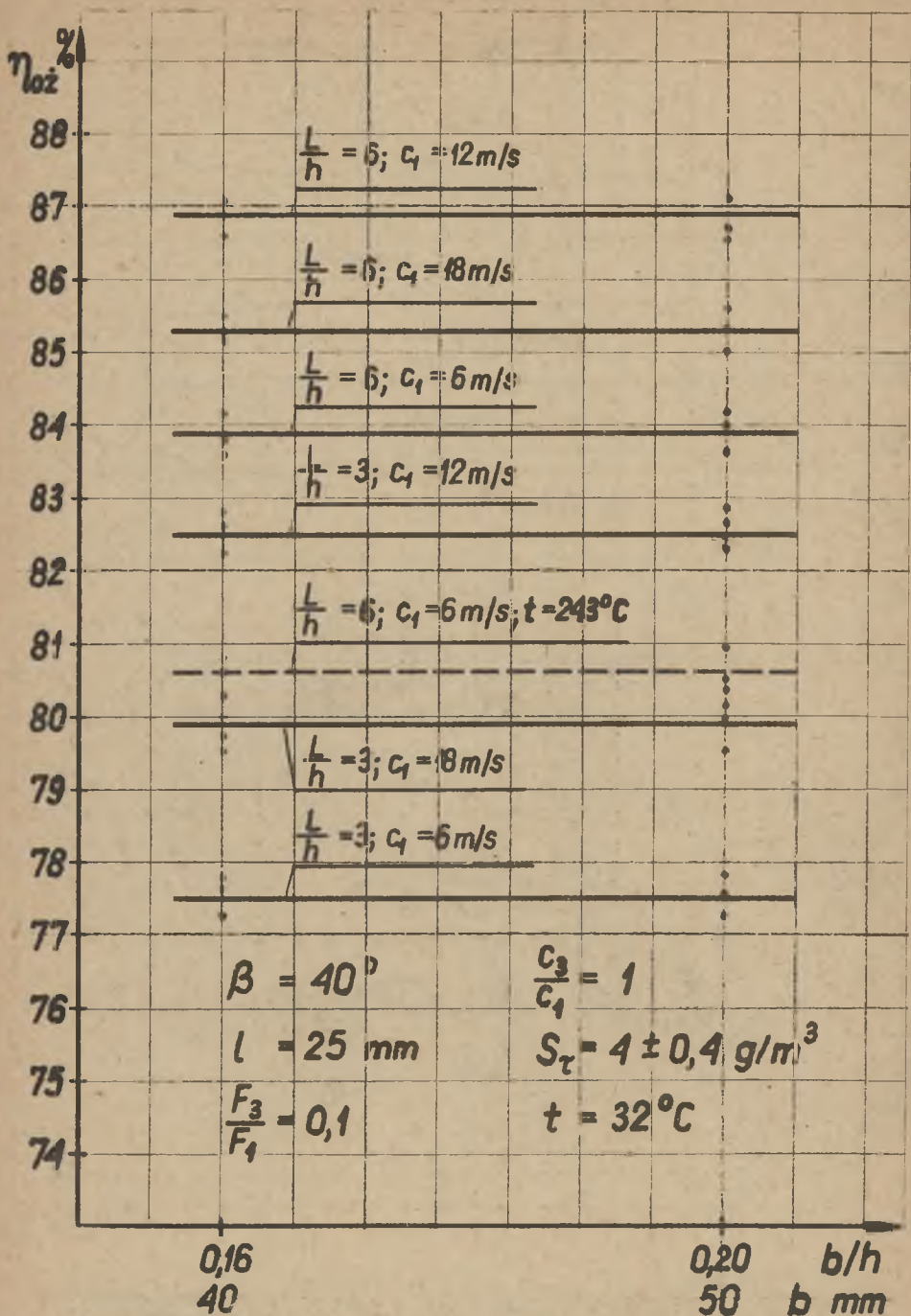
Rys. 11. Zależność  $\eta_{oz}$  od kąta  $\beta$  pochylenia łopatek żaluzji



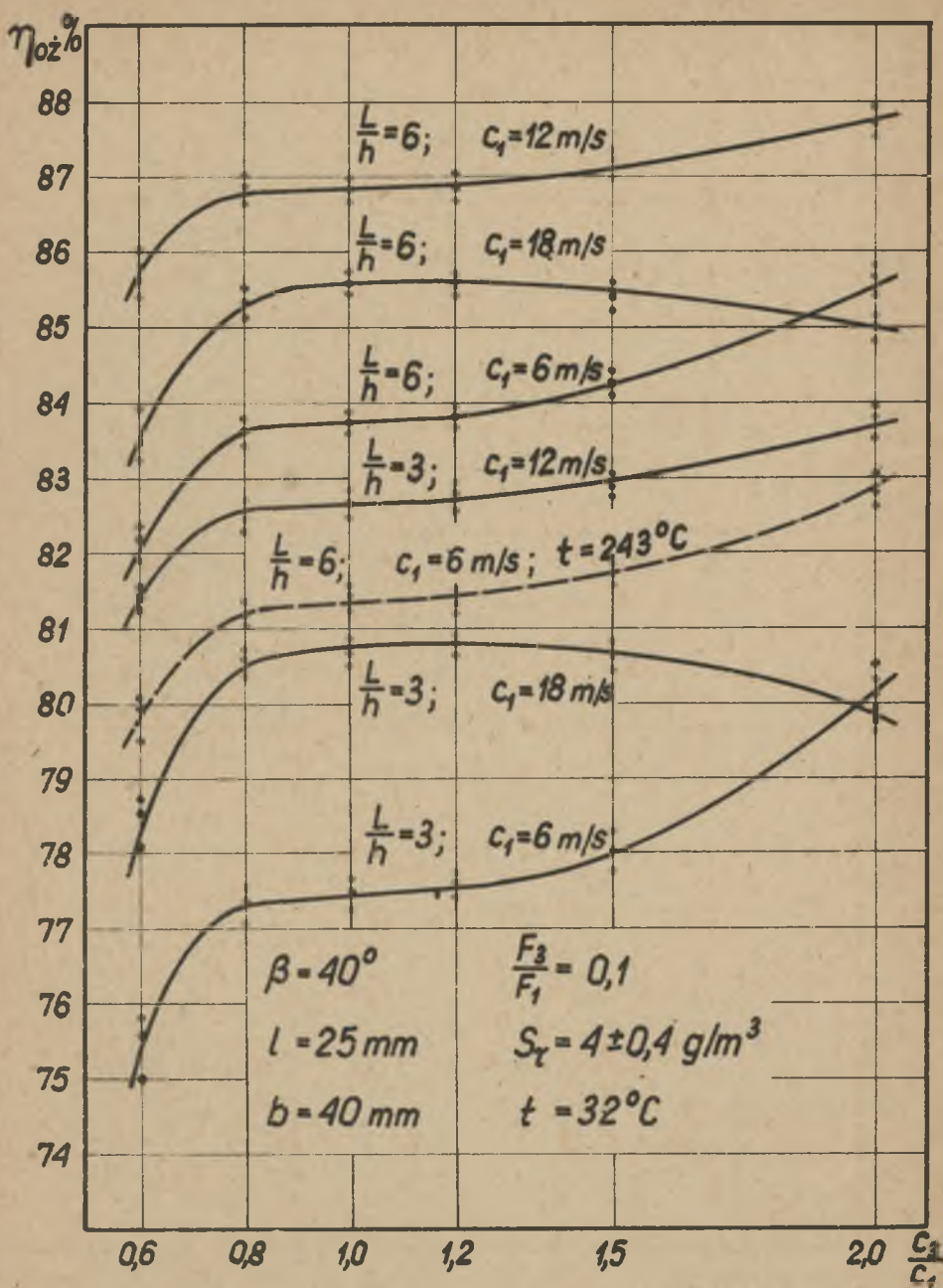
Rys. 12. Zależność  $\eta_{oz}$  od kąta  $\beta$  pochylenia łopatek żaluzji



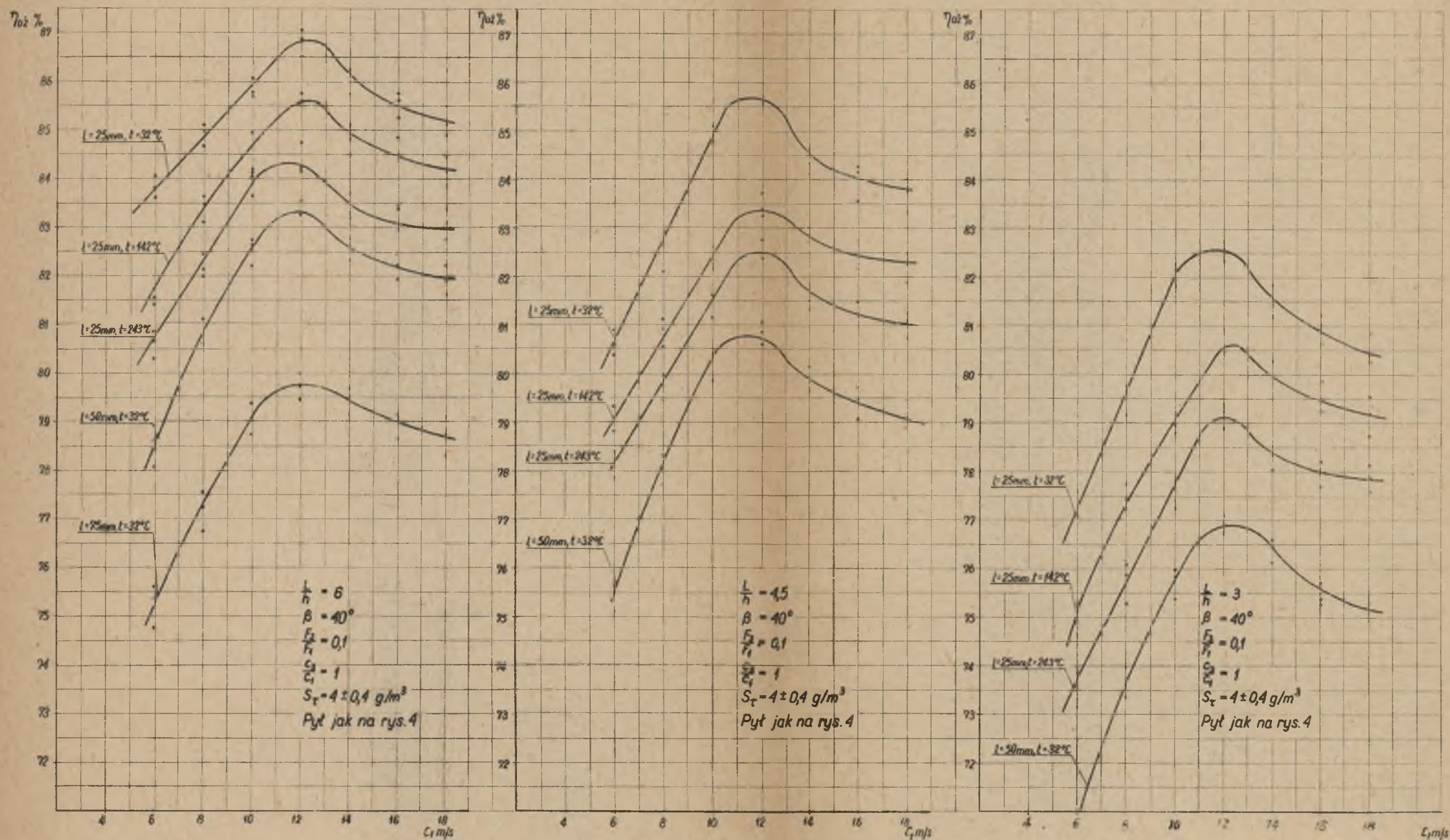
Rys.13. Zależność  $\eta_{oz}$  od stężenia zapylenia gazu  $S_T$



Rys. 14. Zależność  $\eta_{oz}$  od stosunku  $\frac{b}{h}$

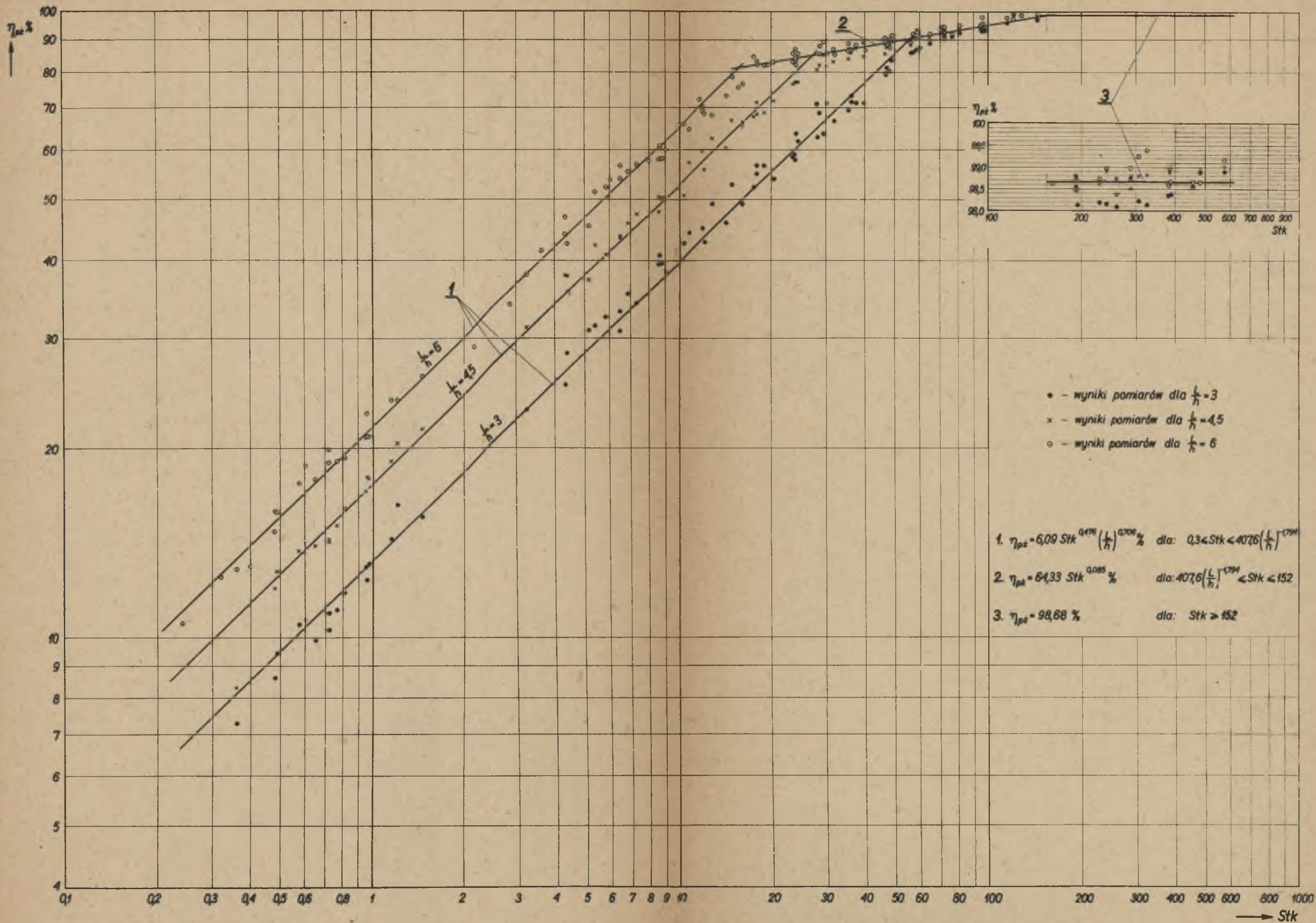


Rys.15. Zależność  $\eta_{oz}$  od stosunku  $\frac{c_3}{c_1}$

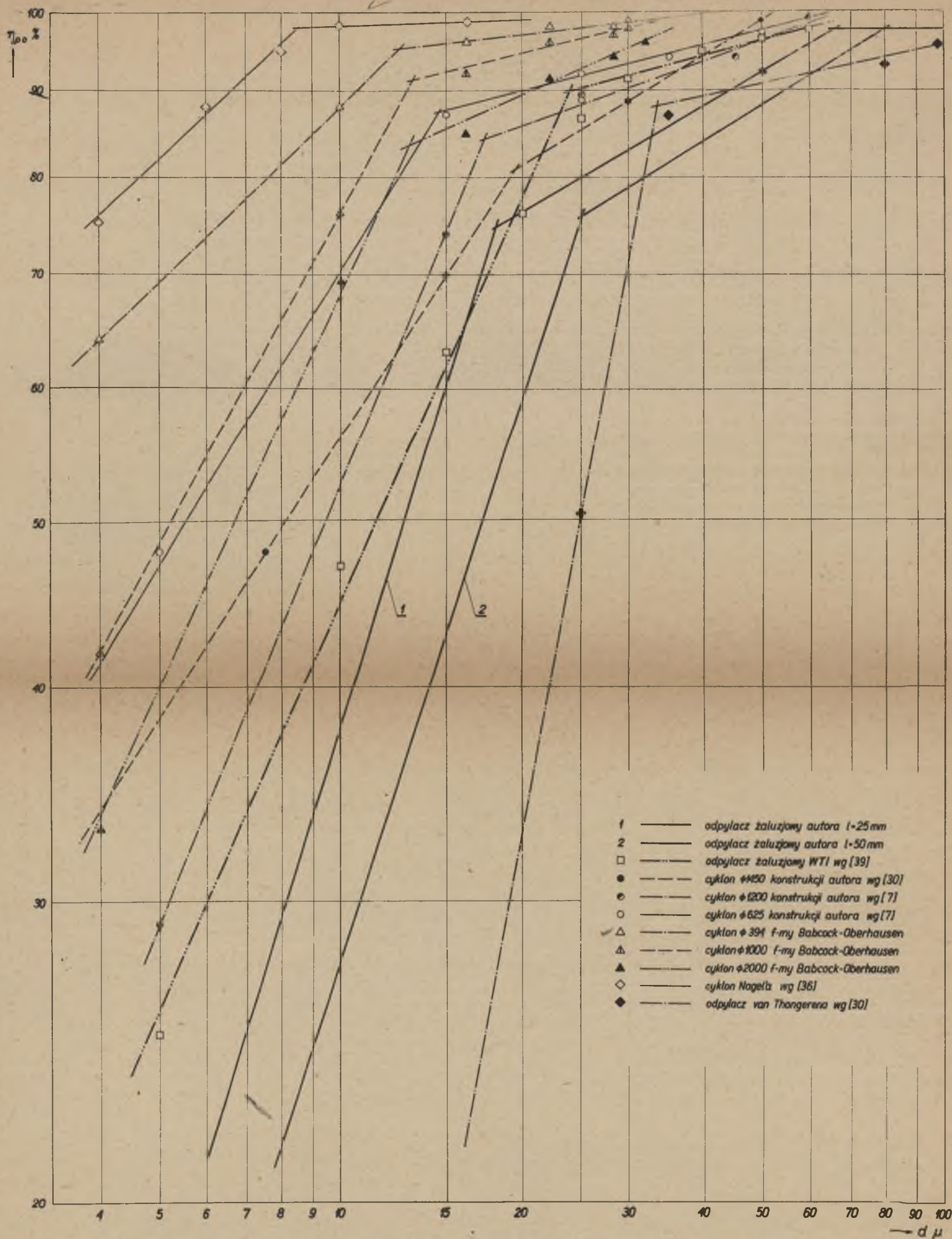


Rys.16. Zależność  $\eta_{o2}$  od prędkości  $c_1$





Rys.17. Zależność skuteczności przedziałowych żaluzji  $\eta_{pz}$  od liczby Stk (wyniki doświadczeń i ich korelacje)



Rys.18. Skuteczności przedziałowe żaluzjowych i cyklonowych odpylaczy spalin różnych konstrukcji

TABELA 8

ZESTAWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ OGÓLNYCH SKUTECZNOŚCI ŻALUZJI

Wielkość modułu geometrycznego		L/h		3													
Podziałka łopatek w żaluzji		1 mm		25						50							
Średnia temperatura powietrza w żaluzji		t °C		32						32							
Prędkość molażu na wejściu do odpylacza (w przekroju P <sub>1</sub> )		v <sub>1</sub> m/s		6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza		m <sub>0</sub> g		1900						1500							
Pomiar 1	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	1194	1223	1259	1262	1249	1247	1242	1108	1144	1176	1191	1184	1168	1167		
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %	77,33	79,62	81,85	82,37	81,40	81,25	80,88	70,96	73,62	76,00	77,11	76,59	75,40	75,33		
Pomiar 2	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	1198	1219	1261	1265	1259	1239	1236	1113	1149	1168	1189	1182	1173	1169		
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %	77,62	79,18	82,29	82,59	81,85	80,66	80,44	71,33	74,00	75,40	76,96	76,44	75,77	75,48		
Pomiar 3	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	1191	1226	1259	1267	1244	1244	1234	1106	1141	1174	1186	1178	1167	1162		
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %	77,11	79,70	82,14	82,74	81,16	81,03	80,29	70,81	73,40	75,85	76,74	76,16	75,33	74,96		

$$\eta_{o.ż.} = \frac{m_z - \psi m_w}{(1 - \psi)m_w} \cdot 100 \%$$

Dane żaluzji (rys. 1):  $\beta = 40^\circ$ ;  $b = 40 \text{ mm}$ ;  $\frac{r_2}{r_1} = 0,1$ ;  
 $\frac{r_2}{r_1} = 1$ ;  $S_T = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^2$ .

Wielkość modułu geometrycznego		L/h		3													
Podziałka łopatek w żaluzji		1 mm		25						25							
Średnia temperatura powietrza w żaluzji		t °C		142						243							
Prędkość molażu na wejściu do odpylacza (w przekroju P <sub>1</sub> )		v <sub>1</sub> m/s		6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza		m <sub>0</sub> g		1900						1900							
Pomiar 1	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	1164	1193	1216	1243	1223	1220	1219	1148	1178	1195	1220	1210	1203	1201		
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %	75,11	77,26	78,96	80,96	79,48	79,25	79,18	73,92	76,14	77,40	79,25	78,51	78,00	77,85		
Pomiar 2	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	1166	1200	1219	1243	1228	1228	1243	1138	1175	1193	1222	1204	1206	1205		
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %	75,26	77,77	79,18	80,96	79,85	79,85	78,74	73,18	75,93	77,26	79,40	78,37	78,22	78,14		
Pomiar 3	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	1158	1196	1214	1237	1234	1223	1224	1149	1167	1201	1215	1204	1199	1198		
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %	74,66	77,48	78,81	80,51	80,29	79,48	79,55	74,00	75,33	77,85	78,88	78,07	77,70	77,62		

TABLICA 9

ZESTAWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ OGÓLNYCH SKUTECZNOŚCI ŻALUZJI

Wielkość modułu geometrycznego		L/h	4,5													
Podziałka łopatek w żaluzji		1 mm	25						50							
Średnia temperatura powietrza w żaluzji		t °C	32						32							
Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza (w przekroju F <sub>1</sub> )		v <sub>1</sub> m/s	6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza		m <sub>w</sub> g	1500						1500							
Pomiar 1	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1236	1267	1295	1308	1293	1288	1282	1170	1206	1236	1242	1228	1218	1223
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		80,44	82,74	84,81	85,77	84,66	84,29	83,85	75,55	78,22	80,44	80,88	79,85	79,11	79,48
Pomiar 2	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1243	1259	1295	1311	1289	1287	1276	1164	1208	1229	1245	1233	1223	1218
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		80,96	82,14	84,81	86,00	84,37	84,22	83,40	75,11	78,37	79,92	81,11	80,22	79,48	79,11
Pomiar 3	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1239	1268	1299	1306	1286	1279	1285	1172	1200	1236	1239	1226	1227	1219
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		80,66	82,81	85,11	85,62	84,14	83,62	84,07	75,70	77,77	80,44	80,66	79,70	79,77	78,88

$$\eta_{o.z.} = \frac{m_z - \varphi m_w}{(1 - \varphi)m_w} \cdot 100 \%$$

Dane żaluzji (rys. 1): β = 40° ; b = 40 mm ;  $\frac{b}{l} = 0,1$  ;  
 $\frac{b}{a} = 1$  ; S<sub>p</sub> = 4 ± 0,4 g/m<sup>3</sup>.

Wielkość modułu geometrycznego		L/h	4,5													
Podziałka łopatek w żaluzji		1 mm	25						25							
Średnia temperatura powietrza w żaluzji		t °C	142						243							
Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza (w przekroju F <sub>1</sub> )		v <sub>1</sub> m/s	6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza		m <sub>w</sub> g	1500						1500							
Pomiar 1	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1217	1245	1264	1276	1271	1268	1264	1206	1230	1252	1264	1256	1251	1248
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		79,03	81,11	82,51	83,40	83,03	82,81	82,51	78,22	80,00	81,62	82,51	81,92	81,55	81,33
Pomiar 2	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1215	1238	1266	1275	1267	1263	1261	1209	1223	1252	1268	1251	1247	1246
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		78,88	80,59	82,66	83,33	82,74	82,44	82,29	78,44	79,48	81,62	82,81	81,55	81,26	81,18
Pomiar 3	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1222	1242	1260	1281	1264	1260	1256	1202	1228	1246	1263	1248	1244	1240
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		79,40	80,88	82,22	83,77	82,51	82,22	81,92	77,92	79,85	81,18	82,44	81,33	81,03	80,74

ZNSTAWIENIE WYMIKÓW POMIARÓW I OBLICZENI OGÓLNYCH SKUPCZONOŚCI ŻALUZY

Wielkość modułu geometrycznego		L/h	6																				
Podziałka łopatek w żaluzji		1 mm	25						50						75								
Średnia temperatura powietrza w żaluzji		t °C	32						32						32								
Prędkość obrotowa na wejściu do odpylacza (w przekroju P <sub>1</sub> )		v <sub>1</sub> m/s	6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza		m <sub>w</sub> g	1500						1500						1500								
Pomiar 1	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	g	1281	1299	1308	1318	1314	1308	1304	1209	1245	1266	1274	1267	1263	1256	1167	1193	1217	1227	1219	1217	1218
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %	%	83,77	85,41	85,77	86,51	86,22	85,77	85,48	78,44	81,11	82,66	83,23	82,74	82,44	81,92	75,33	77,26	79,03	79,77	79,18	79,03	79,11
Pomiar 2	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	g	1285	1293	1312	1323	1314	1301	1296	1241	1238	1267	1274	1265	1260	1260	1171	1197	1213	1230	1223	1219	1213
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %	%	84,07	84,64	86,07	86,88	86,22	85,26	84,88	78,59	80,59	82,74	83,25	82,59	82,22	82,22	75,62	77,55	78,74	80,00	79,48	79,18	78,74
Pomiar 3	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	g	1279	1297	1307	1325	1308	1306	1299	1204	1242	1260	1278	1261	1256	1252	1159	1186	1222	1223	1226	1212	1207
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %	%	83,62	84,96	85,70	87,03	85,77	85,62	85,11	78,07	80,88	82,22	83,55	82,25	81,92	81,62	76,74	76,74	79,40	79,48	79,70	78,64	78,29

$$\eta_{o.z.} = \frac{m_z - m_w}{(1 - \eta_f) m_w} \cdot 100 \%$$

Dane żaluzji (rys. 1):  $\beta = 40^\circ$ ;  $b = 40 \text{ mm}$ ;  $\frac{b}{h} = 0,1$ ;

$$\frac{a_1}{h} = 1; \quad S_T = 4 \pm 0,6 \text{ g/m}^3.$$

Wielkość modułu geometrycznego		L/h	6																				
Podziałka łopatek w żaluzji		1 mm	25						25						25								
Średnia temperatura powietrza w żaluzji		t °C	342						243						243								
Prędkość obrotowa na wejściu do odpylacza (w przekroju P <sub>1</sub> )		v <sub>1</sub> m/s	6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18	6	8	10	12	14	16	18
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza		m <sub>w</sub> g	1500						1500						1500								
Pomiar 1	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	g	1257	1277	1285	1306	1299	1291	1290	1239	1259	1287	1287	1280	1277	1276	1257	1277	1285	1306	1299	1291	1290
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %	%	82,00	83,48	84,07	85,62	85,11	84,51	84,44	80,66	82,14	84,22	84,22	83,70	83,48	83,40	82,00	83,48	84,07	85,62	85,11	84,51	84,44
Pomiar 2	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	g	1249	1279	1286	1306	1295	1296	1284	1234	1263	1287	1284	1273	1270	1272	1249	1279	1286	1306	1295	1296	1284
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %	%	81,40	83,63	84,15	85,62	84,81	84,88	84,14	80,29	82,44	84,22	84,74	83,18	82,96	83,14	81,40	83,63	84,15	85,62	84,81	84,88	84,14
Pomiar 3	Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g	g	1254	1272	1296	1308	1291	1289	1282	1242	1297	1279	1286	1275	1276	1267	1254	1272	1296	1308	1291	1289	1282
	Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %	%	81,55	83,11	84,89	85,77	84,51	84,37	83,85	80,88	82,00	83,62	84,14	83,33	83,40	82,74	81,55	83,11	84,89	85,77	84,51	84,37	83,85

TABELA 11

ZESTAWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ PRZEDZIAŁCZYCH SKUTECZNOŚCI ŻALUZJI.

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju P <sub>1</sub> ) c <sub>1</sub> = 6 m/s																								
Wielkość modułu geometrycznego L/h		6						4,5						3										
Podziałka łopatek w żaluzji l mm		25		50		75		25		50		25		50		25		50		25		50		
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C		32		32		32		32		32		32		32		32		32		32		32		
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza m <sub>w</sub> g		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1281		1209		1167		1239		1170		1239		1170		1194		1194		1108		1108		
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) η <sub>o.i</sub> %		85,40		80,59		77,80		82,60		77,99		82,60		77,99		79,60		79,60		73,87		73,87		
Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		83,77		78,44		75,33		80,66		75,55		80,66		75,55		77,33		77,33		70,96		70,96		
Frakcja wymiarowa μ	Średnia zastępcza średnia frakcji μ	Udział frakcji w zapyleniu gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)
0-10	5	11,6	174,0	3,8	48,68	19,96	3,1	37,48	12,81	2,9	33,84	10,48	3,2	39,65	14,19	2,6	30,42	8,31	2,8	33,43	10,23	2,6	28,81	7,27
10-20	15	8,4	126,0	6,0	76,86	56,65	4,6	55,61	37,92	3,9	45,51	29,02	5,0	61,95	43,50	4,1	47,97	31,17	4,2	50,15	33,09	3,5	38,78	23,07
20-30	25	6,8	102,0	6,7	85,83	82,37	5,4	65,29	59,99	5,1	59,52	53,72	5,9	73,10	68,50	4,8	56,16	50,06	5,2	62,09	56,52	4,1	45,43	38,36
30-40	35	5,7	85,5	6,0	76,87	88,76	6,1	73,75	84,71	5,5	64,19	72,29	6,1	75,58	87,09	5,2	60,84	67,94	5,3	63,28	71,11	4,4	48,75	52,24
40-60	50	14,1	211,5	15,7	201,12	94,52	15,4	186,19	86,69	15,2	177,38	82,05	15,9	197,00	92,36	15,8	184,86	85,99	16,3	194,62	91,11	14,5	160,66	73,28
>60	100	53,4	801,0	61,8	791,66	98,69	65,4	790,69	98,54	67,4	786,56	97,97	63,9	791,72	98,69	67,5	789,75	98,43	66,2	790,43	98,51	70,9	785,57	97,85

x) η<sub>o.i</sub> =  $\frac{m_z}{m_w} \cdot 100\%$

xx) η<sub>o.z.</sub> =  $\frac{m_z - \varphi m_w}{(1 - \varphi) m_w} \cdot 100\%$

xxx) η<sub>p.z.</sub> =  $\frac{m_z(p) - \varphi m_w(p)}{(1 - \varphi) m_w(p)} \cdot 100\%$

Dane żaluzji (rys.1): β = 40° ; b = 40 mm ;  $\frac{h}{l} = 0,1$   
 $\frac{c_2}{c_1} = 1$  ;  $\beta_r = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^3$

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju P <sub>1</sub> ) c <sub>1</sub> = 6 m/s																								
Wielkość modułu geometrycznego L/h		6						4,5						3										
Podziałka łopatek w żaluzji l mm		25		25		25		25		25		25		25		25		25		25		25		
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C		142		243		142		243		142		243		142		243		142		243		243		
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza m <sub>w</sub> g		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		1500		
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl.(w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g		1251		1239		1217		1206		1164		1206		1164		1164		1164		1148		1148		
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) η <sub>o.i</sub> %		83,40		82,61		81,13		80,41		77,59		80,41		77,59		77,59		77,59		76,53		76,53		
Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.z.</sub> %		81,35		80,66		79,03		78,22		75,11		79,03		78,22		75,11		75,11		73,92		73,92		
Frakcja wymiarowa μ	Średnia zastępcza średnia frakcji μ	Udział frakcji w zapyleniu gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)
0-10	5	11,6	174,0	3,6	45,04	17,64	3,4	42,13	15,78	3,2	38,94	13,75	3,1	37,39	12,75	2,9	33,76	10,43	2,8	32,14	9,41	2,8	32,14	9,41
10-20	15	8,4	126,0	5,1	63,80	45,14	4,9	60,71	42,42	4,5	54,77	37,18	4,6	55,48	37,79	4,1	47,72	30,96	3,9	44,77	28,36	3,9	44,77	28,36
20-30	25	6,8	102,0	6,2	77,56	73,37	5,9	73,10	68,51	5,4	65,72	60,48	5,1	61,51	55,88	4,5	52,38	45,94	4,3	49,36	42,87	4,3	49,36	42,87
30-40	35	5,7	85,5	6,1	76,31	88,05	6,1	75,58	87,09	5,8	70,59	80,62	5,8	69,95	79,78	4,9	57,04	62,99	4,7	53,96	58,99	4,7	53,96	58,99
40-60	50	14,1	211,5	15,7	196,41	92,06	15,8	186,84	91,72	16,1	195,94	91,82	15,9	191,75	89,62	15,9	185,08	86,11	15,7	180,24	83,56	15,7	180,24	83,56
>60	100	53,4	801,0	63,3	791,88	98,72	63,9	791,72	98,69	65,0	791,05	98,61	65,5	789,93	98,45	67,7	788,03	98,18	68,6	787,53	98,12	70,9	785,57	97,85

ZESTAWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ PRZEDZIAŁOWYCH SKUTECZNOŚCI ŻALUZJI

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju F <sub>1</sub> ) c <sub>1</sub> = 8 m/s																								
Wielkość modułu geometrycznego L/h				6									4,5						3					
Podziałka łopatek w żaluzji l mm				25									50						75					
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C				32									32						32					
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza m <sub>w</sub> g				1500									1500						1500					
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g				1297									1242						1193					
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) η <sub>oi</sub> %				86,47									82,79						79,53					
Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %				84,96									80,88						77,26					
Frakcja wymiarowa μ	Średnia zastępcza frakcji μ	Udział frakcji w zapyle gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)
0-10	5	11,6	174,0	4,1	53,18	22,84	3,4	42,23	15,84	3,1	36,98	12,49	3,6	45,61	18,01	3,0	36,18	11,98	3,0	36,75	12,35	2,7	30,89	8,61
10-20	15	8,4	126,0	6,3	81,71	60,93	5,3	65,83	46,92	4,3	51,30	34,12	5,5	69,69	50,33	4,6	55,48	37,81	4,8	58,80	40,73	3,7	42,33	26,21
20-30	25	6,8	102,0	6,7	86,90	83,54	6,0	74,52	70,05	5,3	63,23	57,75	6,4	81,09	77,21	5,4	65,12	59,82	5,6	68,60	63,61	4,5	51,48	44,96
30-40	35	5,7	85,5	6,0	77,82	90,01	6,0	74,52	85,72	5,6	66,81	75,69	6,0	76,02	87,67	5,6	67,54	76,65	5,8	71,05	81,22	4,7	53,77	58,75
40-60	50	14,1	211,5	15,7	203,63	95,85	15,5	192,51	90,01	15,4	183,72	85,39	15,9	201,45	94,71	15,7	189,34	88,35	16,2	198,45	93,13	15,3	175,03	80,83
>60	100	53,4	801,0	61,2	793,76	98,98	63,8	792,40	98,79	66,3	790,96	98,59	62,6	793,14	98,89	65,7	792,34	98,78	64,6	791,35	98,65	69,1	790,50	98,53

x)  $\eta_{oi} = \frac{m_z}{m_w} \cdot 100\%$

xx)  $\eta_{o.ż.} = \frac{m - \varphi m}{(1 - \varphi) m} \cdot 100\%$

xxx)  $\eta_{p.ż.} = \frac{m(p) - \varphi m_w(p)}{(1 - \varphi) m(p)} \cdot 100\%$

Dane żaluzji (rys.1):  $\beta = 40^\circ$ ;  $b = 40 \text{ mm}$ ;  $\frac{P}{\rho_1} = 0,1$   
 $\frac{c_1}{c_2} = 1$ ;  $S_T = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^3$

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju F <sub>1</sub> ) c <sub>1</sub> = 8 m/s																								
Wielkość modułu geometrycznego L/h				6									4,5						3					
Podziałka łopatek w żaluzji l mm				25									25						25					
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C				142									142						142					
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza m <sub>w</sub> g				1500									1500						1500					
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) m <sub>z</sub> g				1277									1259						1228					
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) η <sub>oi</sub> %				85,13									83,93						82,80					
Skuteczność ogólna żaluzji η <sub>o.ż.</sub> %				83,48									82,14						80,88					
Frakcja wymiarowa μ	Średnia zastępcza frakcji μ	Udział frakcji w zapyle gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % xxx)
0-10	5	11,6	174,0	3,7	47,23	19,06	3,6	45,32	17,83	3,3	40,99	15,05	3,2	39,30	13,98	2,9	34,68	11,03	2,8	32,90	9,90			
10-20	15	8,4	126,0	5,9	75,34	55,32	5,7	71,77	52,17	5,2	64,58	45,83	4,8	58,94	40,87	4,4	52,62	35,29	4,2	49,35	32,40			
20-30	25	6,8	102,0	6,7	85,56	82,09	6,4	80,58	76,65	5,9	73,28	68,71	5,8	71,22	66,48	5,2	62,19	56,63	4,7	55,23	49,04			
30-40	35	5,7	85,5	6,0	76,62	88,45	6,0	75,54	87,05	6,1	75,76	87,34	5,9	72,45	83,04	5,3	63,39	71,26	5,1	59,93	66,76			
40-60	50	14,1	211,5	15,4	196,66	92,20	15,6	196,40	92,06	15,7	194,99	91,32	15,8	194,02	90,81	16,3	194,95	91,30	16,2	190,35	88,87			
>60	100	53,4	801,0	62,3	795,57	99,24	62,7	789,39	98,39	63,8	792,40	98,80	64,5	792,06	98,75	65,9	788,16	98,21	67,0	787,25	98,09			

ZESTAWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ PRZEDZIAŁOWYCH SKUTECZNOŚCI ŻALUZJI

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju $F_1$ ) $c_1 = 10$ m/s																								
Wielkość modułu geometrycznego L/h				6									4,5						3					
Podziałka łopatek w żaluzji 1 mm				25			50			75			25			50			25			50		
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C				32			32			32			32			32			32			32		
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza $m_w$ g				1500			1500			1500			1500			1500			1500			1500		
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) $m_z$ g				1308			1266			1217			1295			1236			1259			1174		
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) $\eta_{o.1}$ %				87,19			84,40			81,13			86,33			82,39			83,93			78,26		
Skuteczność ogólna żaluzji $\eta_{o.2}$ %				85,77			82,66			79,03			84,81			80,44			82,14			75,85		
Frakcja wymiarowa $\mu$	Średnia szóstopozna średnica frakcji $\mu$	Udział frakcji w zapyle niu gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)
0-10	5	11,6	174,0	4,2	54,94	23,96	3,7	46,84	18,79	3,1	37,73	12,97	3,8	49,21	20,31	3,2	39,55	14,14	3,4	42,81	16,22	2,9	34,05	10,62
10-20	15	8,4	126,0	6,6	86,33	64,39	5,6	70,90	51,39	4,9	59,63	41,46	6,0	77,70	57,40	4,9	60,56	42,28	5,0	62,95	44,38	4,1	48,13	31,32
20-30	25	6,8	102,0	6,8	88,94	85,77	6,5	82,29	78,53	5,8	70,59	65,77	6,6	85,47	81,98	5,8	71,69	66,97	6,0	75,54	71,16	5,0	58,70	52,82
30-40	35	5,7	85,5	6,1	79,79	92,57	6,1	77,23	89,24	5,9	71,80	82,19	6,2	80,29	93,22	6,0	74,16	85,25	6,0	75,54	87,05	4,9	57,53	63,64
40-60	50	14,1	211,5	15,8	206,66	97,45	15,4	194,96	91,31	15,3	186,20	86,69	16,1	208,50	98,41	15,9	196,52	92,12	16,6	208,99	98,67	16,0	187,84	87,56
>60	100	53,4	801,0	60,5	791,34	98,65	62,7	793,78	98,98	60,0	791,05	98,61	61,3	793,84	98,99	64,2	793,52	98,95	63,0	793,17	98,89	67,1	787,75	98,15

x)  $\eta_{o.1} = \frac{m_z}{m_w} \cdot 100\%$

xx)  $\eta_{o.2} = \frac{m_z - \varphi m_w}{(1 - \varphi) m_w} \cdot 100\%$

xxi)  $\eta_{p.2} = \frac{m_z(p) - \varphi m_w(p)}{(1 - \varphi) m_w(p)} \cdot 100\%$

Dane żaluzji (rys.1):  $\beta = 40^\circ$  ;  $b = 40$  mm ;  $\frac{F_3}{F_1} = 0,1$   
 $\frac{c_3}{c_1} = 1$  ;  $S_T = 4 \pm 0,4$  g/m<sup>3</sup>

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju $F_1$ ) $c_1 = 10$ m/s																								
Wielkość modułu geometrycznego L/h				6									4,5						3					
Podziałka łopatek w żaluzji 1 mm				25			25			25			25			25			25			25		
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C				142			243			142			243			142			243			142		
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza $m_w$ g				1500			1500			1500			1500			1500			1500			1500		
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) $m_z$ g				1286			1287			1264			1252			1216			1195			1195		
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) $\eta_{o.1}$ %				85,73			85,80			84,26			83,47			81,06			79,66			79,66		
Skuteczność ogólna żaluzji $\eta_{o.2}$ %				84,14			84,22			82,91			81,62			78,96			77,40			77,40		
Frakcja wymiarowa $\mu$	Średnia szóstopozna średnica frakcji $\mu$	Udział frakcji w zapyle niu gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)
0-10	5	11,6	174,0	3,9	50,15	20,91	3,7	47,62	19,30	3,5	44,24	17,13	3,4	42,57	16,07	3,1	37,70	12,95	3,0	35,85	11,78			
10-20	15	8,4	126,0	6,1	78,44	98,05	6,0	77,22	96,98	5,3	66,99	47,95	5,3	66,36	47,40	4,7	57,15	39,29	4,3	51,39	34,20			
20-30	25	6,8	102,0	6,8	87,45	84,14	6,7	86,23	82,82	6,4	80,89	77,01	6,1	76,37	72,08	5,2	63,23	57,77	5,0	59,75	53,98			
30-40	35	5,7	85,5	6,0	77,16	89,17	6,0	77,23	89,24	6,1	77,11	89,09	5,9	73,87	84,89	5,7	69,31	78,97	5,3	63,34	71,19			
40-60	50	14,1	211,5	15,7	201,90	94,93	15,7	202,06	93,03	15,9	200,98	94,47	16,0	200,32	94,12	16,4	199,43	93,65	16,5	197,18	92,46			
>60	100	53,4	801,0	61,5	790,89	98,59	61,9	796,65	99,39	62,8	793,79	99,0	63,3	792,32	98,82	64,9	789,19	98,35	65,9	787,51	98,12			



ZESTAWIENIE WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ PRZEDZIAŁOWYCH SKUTECZNOŚCI ŻALUZJI

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju  $F_1$  )  $c_1 = 12 \text{ m/s}$

Wielkość modułu geometrycznego L/h				6									4,5						3					
Podziałka łopatek w żaluzji l mm				25			90			75			25			50			25			50		
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C				32			32			32			32			32			32			32		
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza $m_w$ g				1500			1500			1500			1500			1500			1500			1500		
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) $m_z$ g				1323			1274			1227			1308			1242			1265			1189		
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) $\eta_{oi}$ %				88,20			84,93			81,79			87,19			82,80			84,33			79,26		
Skuteczność ogólna żaluzji $\eta_{o.z.}$ %				86,88			83,25			79,77			85,77			80,88			82,59			76,96		
Frakcja wymiarowa $\mu$	Średnia zastępcza średnica frakcji $\mu$	Udział frakcji w zapyle niu gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)
0-10	5	11,6	174,0	4,4	58,21	26,05	3,7	47,14	18,98	3,3	40,49	14,74	3,9	51,01	21,45	3,2	39,74	14,26	3,3	41,75	15,54	2,9	34,48	10,89
10-20	15	8,4	126,0	6,8	89,96	68,21	5,8	73,89	54,04	5,1	62,58	44,06	6,4	83,71	62,69	5,0	62,10	43,64	5,4	68,31	49,12	4,0	47,56	30,82
20-30	25	6,8	102,0	6,8	89,96	86,88	6,8	86,63	83,25	6,0	73,62	69,07	6,9	90,25	87,19	6,1	75,76	71,41	6,0	75,90	71,56	5,1	60,64	54,94
30-40	35	5,7	85,5	6,1	80,70	93,76	5,9	75,17	86,56	5,9	72,39	82,96	6,2	81,10	94,26	5,9	73,28	84,11	6,3	79,70	92,45	5,2	61,83	69,23
40-60	50	14,1	211,5	15,8	209,03	98,69	15,5	197,47	92,62	15,3	187,73	87,49	15,9	207,97	98,13	16,0	198,72	93,27	16,3	206,20	97,19	16,2	192,62	90,06
>60	100	53,4	801,0	60,1	795,12	99,17	62,3	793,70	98,97	64,4	790,19	98,48	60,7	793,96	99,01	63,8	792,40	98,79	62,7	793,16	98,89	66,6	791,87	98,72

x)  $\eta_{oi} = \frac{m_z}{m_w} \cdot 100\%$

ix)  $\eta_{o.z.} = \frac{m_z - \varphi m_w}{(1 - \varphi) m_w} \cdot 100\%$

xxx)  $\eta_{p.z.} = \frac{m_z(p) - \varphi m_w(p)}{(1 - \varphi) m_w(p)} \cdot 100\%$

Dane żaluzji (rys.1):  $\beta = 40^\circ$ ;  $b = 40 \text{ mm}$ ;  $\frac{F_2}{F_1} = 0,1$   
 $\frac{c_2}{c_1} = 1$ ;  $s_r = 4 \pm 0,4 \text{ g/m}^3$

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju  $F_1$  )  $c_1 = 12 \text{ m/s}$

Wielkość modułu geometrycznego L/h				6									4,5						3					
Podziałka łopatek w żaluzji l mm				25			25			25			25			25			25			25		
Średnia temperatura powietrza w żaluzji t °C				142			243			142			243			142			243			142		
Masa pyłu wprowadzonego do odpylacza $m_w$ g				1500			1500			1500			1500			1500			1500			1500		
Masa pyłu zatrzymanego w odpyl. (w filtrze workowym) $m_z$ g				1306			1287			1276			1264			1243			1220			1220		
Skuteczność ogólna odpylacza (żaluzji i filtra workowego) $\eta_{oi}$ %				87,06			85,79			85,07			84,26			82,87			81,33			81,33		
Skuteczność ogólna żaluzji $\eta_{o.z.}$ %				85,62			84,22			83,40			82,51			80,96			79,25			79,25		
Frakcja wymiarowa $\mu$	Średnia zastępcza średnica frakcji $\mu$	Udział frakcji w zapyle niu gazu %	Masa frakcji przed odpyl. g	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)	Udział frakcji w pyłe zatrzym. %	Masa frakcji w pyłe zatrzym. g	Przedziałowa skuteczność żaluzji % (xxx)
0-10	5	11,6	174,0	4,2	54,85	23,91	3,9	50,19	20,93	3,7	47,21	19,03	3,6	45,50	17,94	3,2	39,78	14,29	3,1	37,82	13,03			
10-20	15	8,4	126,0	6,7	87,50	66,04	6,1	78,51	58,11	5,5	70,18	50,77	5,5	69,52	50,19	4,9	60,91	42,60	4,7	57,34	39,44			
20-30	25	6,8	102,0	6,8	88,84	85,63	6,9	88,80	85,62	6,7	85,49	82,01	6,4	80,90	77,01	5,9	73,44	68,76	5,5	67,10	61,98			
30-40	35	5,7	85,5	5,9	77,05	89,02	6,1	78,51	90,91	6,0	76,56	88,38	5,9	74,58	85,80	6,0	74,58	85,81	5,7	69,54	79,25			
40-60	50	14,1	211,5	15,8	206,35	97,29	15,5	199,49	93,69	16,1	208,44	96,81	15,8	199,71	93,80	16,4	203,85	95,98	16,3	198,86	93,35			
>60	100	53,4	801,0	60,6	791,44	98,66	61,5	791,51	98,68	62,0	791,12	98,62	62,8	793,79	99,00	63,6	790,55	98,54	64,7	789,34	98,38			

TABELA 15

LICZBY  $Stk = \frac{d^2 \cdot \rho \cdot v_1}{\eta \cdot l}$  i  $Pr = \frac{v_1^2}{1 \cdot g}$  INSTALACJI BADAWCZEJ ŻALUZYJOWEGO ODPYLACZA SPALIN

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju $V_1$ ) $v_1 = 6 \text{ m/s}$															
Frakcja wymiarowa $\mu$	Średnia nastę- pna śred- nica frakcji $\mu$		l = 25 mm				l = 50 mm				l = 75 mm				Pr lg Pr
			temperatura powietrza				temperatura powietrza				temperatura powietrza				
			32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	
0-10	5	Stk	0,7206	0,5726	0,5262	0,4866	0,3604	0,2863	0,2632	0,2434	0,2402	0,1509	0,1754	0,1623	733945
		lg Stk	7,8577	7,7579	7,7213	7,6873	7,5568	7,4569	7,4203	7,3863	7,3806	7,2808	7,2440	7,2103	5,8657
10-20	15	Stk	6,4865	5,1540	4,7372	4,3811	3,2430	2,5771	2,3684	2,1900	2,1622	1,7180	1,5791	1,4603	244646
		lg Stk	0,8120	0,7121	0,6755	0,6416	0,5109	0,4111	0,3744	0,3404	0,3349	0,2350	0,1994	0,1644	5,3885
20-30	25	Stk	18,0212	14,3100	13,1600	12,1710	9,0081	7,1585	6,5794	6,0849	6,0060	4,7723	4,5863	4,0573	146789
		lg Stk	1,2558	1,1556	1,1193	1,0853	0,9546	0,8548	0,8182	0,7843	0,7786	0,6787	0,6421	0,6083	5,1667
30-40	35	Stk	35,3143	28,0613	25,7891	23,8530	17,6600	14,0320	12,8916	11,9220	11,7714	9,3537	8,5971	7,9520	104844
		lg Stk	1,5479	1,4481	1,4114	1,3775	1,2470	1,1471	1,1103	1,0763	1,0708	0,9710	0,9343	0,9005	5,0205
40-60	50	Stk	72,0610	57,2680	52,6353	48,6797	36,0380	28,6344	26,3175	24,3351	24,0240	19,0890	17,5441	16,2262	73394,5
		lg Stk	1,8577	1,7579	1,7213	1,6873	1,5568	1,4569	1,4203	1,3863	1,3806	1,2808	1,2440	1,2103	4,8657
>60	100	Stk	289,3102	229,0741	210,4835	194,7032	144,1241	114,5082	105,2542	97,3326	96,0960	76,3560	70,1800	64,9043	36697,2
		lg Stk	2,4599	2,3600	2,3232	2,2894	2,1587	2,0588	2,0224	1,9883	1,9827	1,8828	1,8462	1,8123	4,5646

TABELA 16

LICZBY  $Stk = \frac{d^2 \cdot g \cdot \rho_1}{\eta \cdot l}$  I  $Pr = \frac{q_1}{d \cdot g}$  INSTALACJI BADAWCZEJ ŻALUZIOWEGO ODPYLACZA SPALIN

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju $\varphi_1$ ) $q_1 = 8 \text{ m/s}$															
Frakcja wymia- rowa $\mu$	Średnia sastę- pna śred- nica frakcji $\mu$		l = 25 mm				l = 50 mm				l = 75 mm				Pr lg Fr
			temperatura powietrza				temperatura powietrza				temperatura powietrza				
			32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	
0-10	3	Stk	0,9610	0,7630	0,7018	0,6490	0,4805	0,3818	0,3509	0,3245	0,3203	0,2945	0,2393	0,2163	1304791
		lg Stk	7,9827	7,8825	7,8462	7,8122	7,7817	7,5818	7,5452	7,5112	7,5056	7,4057	7,3690	7,3352	6,1156
10-20	15	Stk	8,6486	6,8722	6,3161	5,8419	4,3243	3,4361	3,1581	2,9208	2,8823	2,2907	2,1054	1,9472	434926
		lg Stk	0,9369	0,8371	0,8004	0,7666	0,6359	0,5361	0,4994	0,4655	0,4597	0,3600	0,3233	0,2894	5,6384
20-30	25	Stk	24,0240	19,0893	17,5440	16,2235	12,0100	9,5447	8,7725	8,1132	8,0080	6,3631	5,8484	5,4088	260958
		lg Stk	1,3806	1,2808	1,2441	1,2101	1,0795	0,9798	0,9421	0,9092	0,9035	0,8037	0,7670	0,7331	5,4166
30-40	35	Stk	47,0870	37,4151	34,3884	31,8040	23,5435	18,7076	17,1942	15,9020	15,6957	12,4717	11,4628	10,6014	186,389
		lg Stk	1,6729	1,5730	1,5364	1,5024	1,3718	1,2720	1,2354	1,2015	1,1956	1,1958	1,0953	1,0254	5,2704
40-60	50	Stk	96,0960	76,3007	70,1804	64,9002	48,0480	38,1793	35,0689	32,4528	32,0320	25,4521	23,3944	21,6354	130479
		lg Stk	1,9827	1,8825	1,8462	1,8122	1,6817	1,5818	1,5452	1,5112	1,5056	1,4057	1,3690	1,3352	5,1156
>60	100	Stk	384,3842	305,4085	280,7020	259,6070	192,1921	152,7042	140,3510	129,8034	120,1280	101,8083	93,5776	86,5401	65239,5
		lg Stk	2,5848	2,4849	2,4483	2,4143	2,2838	2,1838	2,1472	2,1133	2,1075	1,9078	1,9712	1,9371	4,8145

TABELA 17

LICZBY  $Stk = \frac{d^2 \cdot \rho \cdot v_1}{\eta \cdot l}$  i  $Pr = \frac{v_1^2}{6 \cdot g}$  INSTALACJI BADAWCZEJ ŻALUZYJOWEGO ODPYLACZA SPALIN

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju  $F_1$  )  $v_1 = 10$  m/s

Frakcja wymiarowa $\mu$	średnia masy średnia frakcji $\mu$		l = 25 mm				l = 50 mm				l = 75 mm				Pr lg Pr
			temperatura powietrza				temperatura powietrza				temperatura powietrza				
			32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	
0-10	5	Stk	1,2010	0,9544	0,8772	0,8113	0,6006	0,4772	0,4386	0,4057	0,4004	0,3181	0,2924	0,2704	2038736
		lg Stk	0,0795	1,9797	1,9434	1,9092	1,7786	1,6787	1,6421	1,6082	1,6025	1,5026	1,4660	1,4320	6,3094
10-20	15	Stk	10,8100	8,5902	7,8953	7,3019	5,4053	4,2954	3,9476	3,6510	3,6035	2,8634	2,6318	2,4340	679572
		lg Stk	1,0338	0,9340	0,8974	0,8634	0,7328	0,6330	0,5963	0,5624	0,5567	0,4569	0,4203	0,3863	5,8323
20-30	25	Stk	30,0300	23,8617	21,9303	20,2831	15,0120	11,9308	10,9657	10,1415	10,0010	7,9539	7,3104	6,7611	407747
		lg Stk	1,4775	1,3777	1,3440	1,3071	1,1764	1,0767	1,0402	1,0061	1,0000	0,9006	0,8639	0,8300	5,6104
30-40	35	Stk	58,8588	46,7689	42,9854	39,7510	29,4294	23,3845	21,4927	19,8775	19,6196	15,5896	14,3285	13,2517	291233
		lg Stk	1,7698	1,6700	1,6333	1,5993	1,4687	1,3689	1,3323	1,2984	1,2927	1,1928	1,1562	1,1223	5,4642
40-60	50	Stk	120,1001	95,4444	87,7254	81,1328	60,0600	47,7231	43,8632	40,5655	40,0400	31,8142	29,2411	27,0434	203873,6
		lg Stk	2,0795	1,9797	1,9434	1,9092	1,7786	1,6787	1,6421	1,6082	1,6025	1,5026	1,4660	1,4321	5,3094
60-100	100	Stk	480,4803	381,7607	350,8776	324,5087	240,2401	190,8803	175,4388	162,2543	160,1601	127,2561	116,9643	108,1725	101936,8
		lg Stk	2,6817	2,5818	2,5492	2,5112	2,3806	2,2808	2,2441	2,2102	2,2047	2,1047	2,0680	2,0341	5,0082

TABELA 18

LICZBY  $Stk = \frac{d^2 \cdot \rho_m \cdot \omega_1}{\eta \cdot l}$  I  $Fr = \frac{\omega_1^2}{d \cdot g}$  INSTALACJI BADAWCZEJ ŻALUZYJOWEGO ODPYLACZA SPALIN

Prędkość solgazu na wejściu do odpylacza ( w przekroju $F_1$ ) $\omega_1 = 12 \text{ m/s}$															
Frakcja wymiarowa $\mu$	Średnia zastępcza średnica frakcji $\mu$		l = 25 mm				l = 50 mm				l = 75 mm				Fr lg Fr
			temperatura powietrza				temperatura powietrza				temperatura powietrza				
			32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	
0-10	5	Stk	1,4412	1,1551	1,0527	0,9736	0,7206	0,5727	0,5264	0,4868	0,4805	0,3818	0,3509	0,3245	2935780
		lg Stk	0,1587	0,0626	0,0223	7,9884	7,8577	7,7579	7,7213	7,6874	7,6817	7,5818	7,5432	7,5112	6,4678
10-20	15	Stk	12,9704	10,3072	9,4744	8,7623	6,4864	5,1541	4,7372	4,3812	4,3243	3,4361	3,1591	2,9208	978584
		lg Stk	1,1129	1,0131	0,9766	0,9426	0,8120	0,7122	0,6759	0,6416	0,6359	0,5361	0,4996	0,4655	5,9906
20-30	25	Stk	36,0380	28,6340	26,3164	24,3398	18,0201	14,370	13,1988	12,1699	12,0102	9,9447	8,7725	8,1133	587156
		lg Stk	1,5568	1,4569	1,4202	1,3863	1,2558	1,1559	1,1192	1,0852	1,0795	1,9798	1,9431	1,9092	3,7688
30-40	35	Stk	70,6406	56,1257	51,5826	46,7061	35,3113	28,0614	25,7913	23,8531	23,5415	18,7076	17,1942	15,9020	419376
		lg Stk	1,8491	1,7492	1,7125	1,6694	1,5479	1,4481	1,4115	1,3775	1,3718	1,2720	1,2354	1,2015	5,6225
40-60	50	Stk	144,1241	115,5124	105,2706	97,3593	72,0620	57,2679	52,6361	48,6702	48,0480	38,1783	35,0904	32,4525	293578
		lg Stk	2,1587	2,0626	2,0223	1,9884	1,8577	1,7579	1,7213	1,6874	1,6817	1,5818	1,5432	1,5112	5,4678
>60	100	Stk	576,5764	458,1128	421,0531	389,3383	288,3482	229,0564	210,5266	194,7052	192,2121	152,7122	140,3601	129,8084	146789
		lg Stk	2,7609	2,6610	2,6243	2,5903	2,4599	2,3599	2,3244	2,2894	2,2838	2,1839	2,1472	2,1133	5,1667

TABELA 12

LICZBY Re DOŚWIADCZALNEGO ŻALUZYJOWEGO ODPYLACZA SPALIN

o <sub>1</sub>	v̄ <sub>1</sub> = o <sub>1</sub> F <sub>1</sub> m <sup>3</sup> /s	o <sub>k</sub> = $\frac{0,1 \cdot \dot{v}_1}{F_k}$ m/s	o <sub>5</sub> = $\frac{0,9 \cdot \dot{v}_1}{F_5}$ m/s	Re <sub>1</sub> = $\frac{o_1 \cdot D_{1e}}{v}$				Re <sub>2</sub> = $\frac{o_1 \cdot D_{2e}}{v}$				Re <sub>3</sub> = $\frac{o_1 \cdot D_{3e}}{v}$			
				temperatura powietrza				temperatura powietrza				temperatura powietrza			
				32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C
6	0,45	5,67	5,81	101 000	60 154	49 507	41 423	95 222	56 743	46 675	39 053	17 111	10 191	8 387	7 017
8	0,60	7,56	7,74	134 667	80 206	66 009	55 230	126 963	75 618	62 233	52 071	22 815	13 588	11 183	9 357
10	0,75	9,45	9,68	168 333	102 574	82 511	69 038	158 704	94 522	77 791	65 085	28 519	16 985	13 979	11 696
12	0,90	11,35	11,61	202 000	120 309	99 014	82 846	190 444	113 426	93 349	78 106	34 222	20 382	16 775	14 035
14	1,05	13,24	13,55	235 667	140 360	115 516	96 653	222 185	132 331	108 908	91 124	39 926	23 779	19 570	16 375
16	1,20	15,13	15,48	269 333	160 412	132 018	110 461	253 926	151 235	124 466	104 142	45 630	27 176	22 366	18 714
18	1,35	17,02	17,42	303 000	180 463	148 520	124 268	285 667	170 140	140 024	117 159	51 333	30 574	25 162	21 053

D<sub>1e</sub> = 0,2727 m

D<sub>2e</sub> = 0,2571 m

D<sub>3e</sub> = 0,0462 m

D<sub>k</sub> = 0,1005 m

D<sub>5</sub> = 0,2980 m

o <sub>1</sub>	v̄ <sub>1</sub> = o <sub>1</sub> F <sub>1</sub> m <sup>3</sup> /s	o <sub>k</sub> = $\frac{0,1 \cdot \dot{v}_1}{F_k}$ m/s	o <sub>5</sub> = $\frac{0,9 \cdot \dot{v}_1}{F_5}$ m/s	Re <sub>k</sub> = $\frac{o_k \cdot D_k}{v}$				Re <sub>5</sub> = $\frac{o_5 \cdot D_5}{v}$			
				temperatura powietrza				temperatura powietrza			
				32°C	142°C	193°C	243°C	32°C	142°C	193°C	243°C
6	0,45	5,67	5,81	35 175	20 950	17 242	14 426	106 875	63 654	52 387	43 832
8	0,60	7,56	7,74	46 900	27 933	22 989	19 235	142 376	84 799	69 789	58 393
10	0,75	9,45	9,68	58 625	34 916	28 736	24 044	178 064	106 053	87 281	73 029
12	0,90	11,35	11,61	70 412	41 937	34 514	28 878	213 567	127 198	104 683	87 589
14	1,05	13,24	13,55	82 137	48 920	40 261	33 687	249 253	148 452	122 175	102 225
16	1,20	15,13	15,48	93 862	55 903	46 008	38 495	284 756	169 597	139 578	116 786
18	1,35	17,02	17,42	105 587	62 886	51 755	43 304	320 442	190 851	157 070	131 422