

RYSZARD PETELA

Katedra Podstaw Techniki Ciepłej

ZBIGNIEW KAPŁON

Zakłady Koksochemiczne Concordia - Zabrze

## POMIARY ROZKŁADÓW MASY I ŚREDNIC KROPEL ROZPYLONEJ CIECZY

**Streszczenie.** Dla poziomo rozpylanej strugi kwasu benzoowego ( $C_6H_5COOH$ ) przedstawiono za pomocą wykresów (rys. 5 i 6) wyniki pomiarów rozkładów gęstości strumienia i średniej masowej średnicy kropeł w poziomej płaszczyźnie pomiarowej (rys. 2).

Rozpyloną strugę cieczy można charakteryzować między innymi parametrami takimi jak, na przykład średnia masowa średnica  $\bar{d}$  kropeł cieczy oraz gęstość strumienia  $g$  rozpylonej cieczy, przechodzącego przez jednostkową powierzchnię. Wielkości te można rozpatrywać w dowolnej płaszczyźnie  $x, y$  przecinającej rozważaną strugę. Dla określonej więc płaszczyzny przekroju strugi średnią masową średnicę  $\bar{d}(x, y)$  dla liczby  $n$  kropeł przechodzących przez element rozważanej płaszczyzny określa się wzorem

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} m_i d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (1)$$

gdzie:

 $d_i, m_i$  - średnica i masa kolejnej kropli cieczy.

Gęstość strumienia  $g(x,y)$  jest stosunkiem strumienia  $\dot{G}$  rozpylanej cieczy przechodzącej przez element rozważanej płaszczyzny, do wielkości pola  $A$  tego elementu

$$g = \frac{\dot{G}}{A} \quad (2)$$

Znajomość wymienionych parametrów jest pożyteczną przy rozpatrywaniu rozpylonych strug rozmaitych cieczy, a przykładem może tu być struga rozpylonego paliwa ciekłego przeznaczonego do spalania w określonej przestrzeni.

Celem badań opisanych w niniejszej pracy był pomiar rozkładów wielkości  $\bar{d}(x,y)$  i  $g(x,y)$  na określonej płaszczyźnie, w zależności od niektórych własności fizycznych rozpylanej cieczy niepalnej oraz w zależności od geometrii zastosowanego rozpylacza ciśnieniowego [2] z komorą wirową. Geometrię tę można określić za pomocą charakterystycznej liczby Abramowicza  $W$  obliczanej wzorem

$$W = \frac{\pi d_r D}{4 A_r} \quad (3)$$

gdzie:

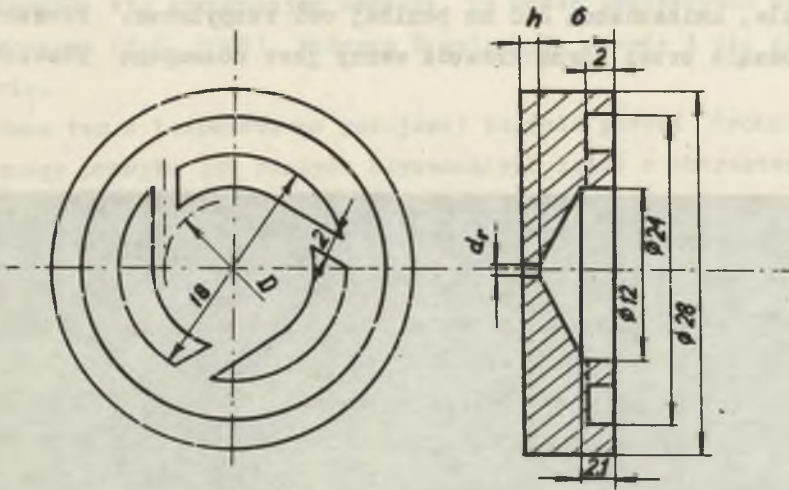
$d_r$  - średnica otworu wylotowego z komory wirowej,

$A_r$  - pole powierzchni poprzecznego przekroju wlotowego do komory wirowej,

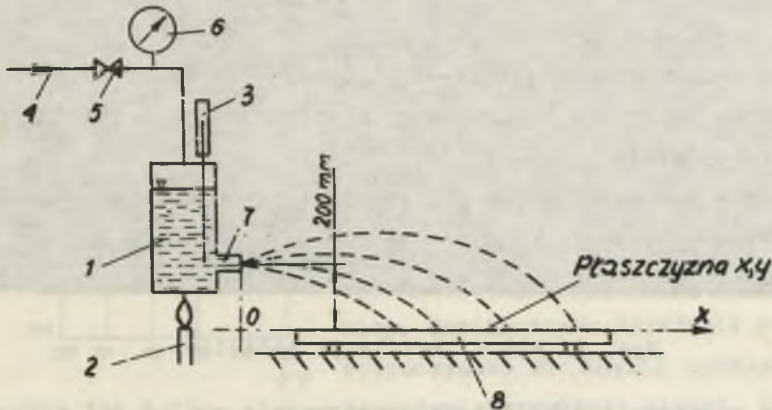
$D$  - średnica zawirowania środkowej strugi wpływającej do komory wirowej.

Rozpylacz stosowany w badaniach przedstawiono na rysunku 1. Do badań użyto 3 rozpylaczy różniących się od siebie wymiarami  $h$  i  $d_r$ , które w każdym z rozpylaczy były w tym samym stosunku do siebie  $h/d_r = 3$ . Ze wzoru (3) wynika, że dla rozpylacza o średnicy  $d_r = 0,45$  mm liczba  $W = 0,29$ , odpowiednio zaś dla  $d_r = 0,5$  mm liczba  $W = 0,33$  oraz dla  $d_r = 0,6$  mm otrzymuje się  $W = 0,39$ .

Do przeprowadzenia doświadczeń użyto prostej instalacji badawczej [1], której schemat podano na rysunku 2, widok zaś na rysunku 3. Przeznaczoną do rozpylania ciecz umieszcza się



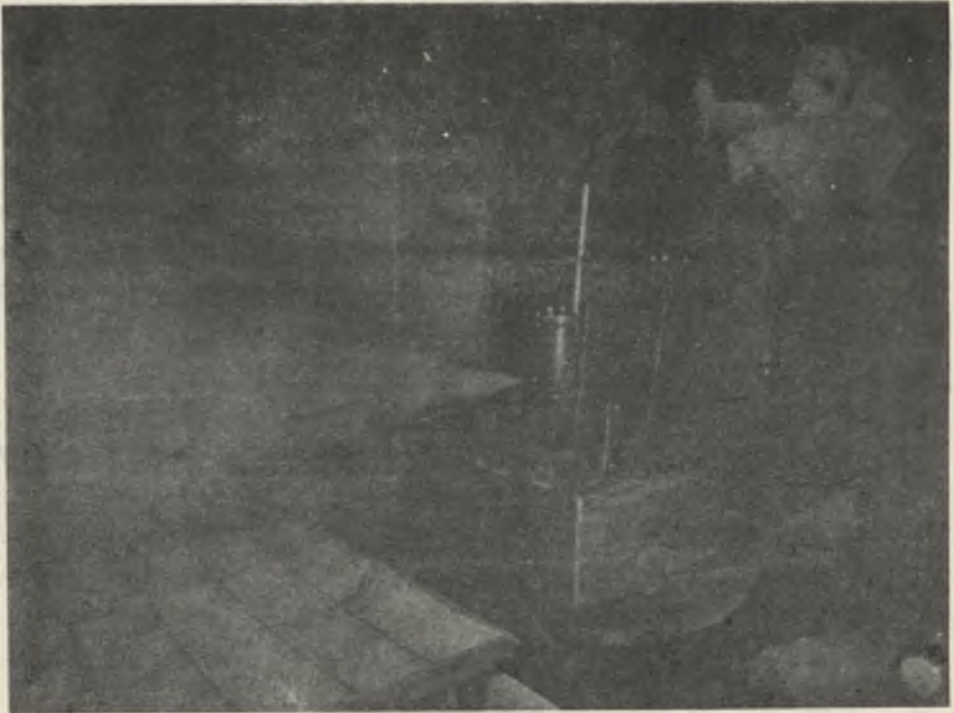
Rys. 1. Rozpylacz



Rys. 2. Schemat instalacji badawczej

w zbiorniku 1 podgrzanym palnikiem gazowym 2. Temperaturę cieczy kontroluje się termometrem 3. Przewodem 4 doprowadza się do zbiornika sprężone powietrze, którego ciśnienie reguluje się zaworem 5

i mierzy manometrem 6. Ciśnienie tego powietrza wyciska ze zbiornika ciecz przez rozpylacz 7, który umieszczony jest w dolnej części zbiornika. Rozpylona poziomo struga opada na wannę 8 chwytającą krople, umieszczoną 200 mm poniżej osi rozpylacza. Płaszczyzna przechodząca przez górną krawędź wanny jest rozważaną płaszczyzną  $x, y$ .



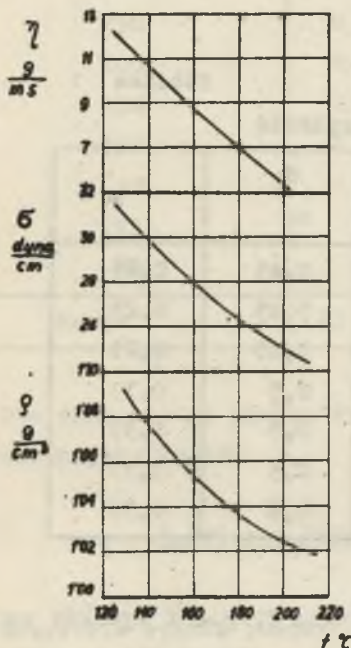
Rys. 3. Widok instalacji badawczej

Wanna w widoku z góry leżąca symetrycznie wzdłuż osi strugi ma szerokość 50 cm i jest podzielona na elementy w kształcie kwadratowych pól o boku 10 cm. Występujące więc we wzorze (2) pole powierzchni takiego elementu wynosi  $A = 100 \text{ cm}^2$ . Oś  $x$  usytuowana jest pod osią rozpylanej strugi, przez  $y$  zaś oznaczono odległość rozważanego miejsca od osi  $x$ . Początek osi  $x$  znajduje się w płaszczyźnie początkowego przekroju strugi (rys. 2).

Do badań zastosowano metodę polegającą na wychwytywaniu kropeł ciecchy zestalających się w ośrodku gazowym. Przy rozpylaniu wosku ziemnego (ozokerytu) okazało się, że uchwycone krople były miękkie i zlepiały się utrudniając badania. Do badań zastosowano więc kwas benzoesowy ( $C_6H_5COOH$ ), którego krople były twarde i nie zlepiające się.

Kwas ten w temperaturze pokojowej posiada postać drobnokrystalicznego proszku lub białych błyszczących igieł o charakterystycznym zapachu. Jest on trudno rozpuszczalny w zimnej wodzie, a łatwo rozpuszcza się w wodzie wrzącej, eterze, chloroformie i chlorku etylowym. Gęstość kwasu benzoesowego w temperaturze pokojowej wynosi

$1340 \text{ kg/m}^3$ , temperatura topnienia około  $120,5^\circ\text{C}$ , temperatura wrzenia  $249^\circ\text{C}$ . W zależności od temperatury  $t$  przedstawiono na rysunku 4, dla ciekłego kwasu benzoesowego, wartości dynamicznego współczynnika lepkości  $\eta$ , współczynnika napięcia powierzchniowego  $\sigma$  oraz gęstości  $\rho$  [3].



Rys. 4. Właściwości fizyczne kwasu benzoesowego

Badania rozpylonej strugi przeprowadzono okresowo, a jednorazowa pojemność zbiornika kwasu wynosi około 380 g. Przed rozpylaniem sprawdzano pionowe ustawienie zbiornika oraz prawidłowe ułożenie osi rozpylacza w stosunku do płaszczyzny pomiarowej, za pomocą pionu i poziomicy. Pomiar czasu działania rozpylacza rozpoczynano od chwili ustalenia się przepływu rozpylanej strugi. Rozpad na krople następował w odległości kilku centymetrów od początkowego przekroju strugi, zaś w odległości około 20 cm od tego przekroju większość kropeł była już zestalona. Masa kropeł wychwytywana przez poszczególne elementy wanny była ważona oraz a-

nalizowana ze względu na rozkład średnic kropeł, za pomocą kompletu sit.

Spośród 20 prób rozpyleń do opracowania wybrano 7 udanych. Pierwsze trzy próby (a, b, c - tablica 1) ujawniają wpływ manometrycznego ciśnienia  $p$  rozpylanego kwasu przed rozpylaczem na badane wielkości strugi. Następne trzy próby (d, e, f) przeprowadzono celem wykrycia wpływu zmiennej temperatury  $t$  rozpylonego kwasu, co właściwie sprowadza się do wpływu lepkości cieczy na badane parametry strugi. Ostatnia próba (g) wraz z próbą b i e daje możliwość określenia wpływu średnicy  $d_r$  wylotowego przekroju dyszy na badane wielkości. W tablicy 1 podano również odpowiednie wartości liczby  $W$ .

Tablica 1

## Parametry przy rozpylaniu

Symbol próby	$p$ bar	$t$ °C	$d_r$ mm	$W$
a	2	155	0,45	0,29
b	3	155	0,45	0,29
c	4	155	0,45	0,29
d	3	140	0,5	0,33
e	3	155	0,5	0,33
f	3	170	0,5	0,33
g	3	155	0,6	0,39

W tablicy 2 przedstawiono dla przykładu fragment wyników pomiaru przy próbie rozpylania a. Masa cieczy w ilości 201,0 g została rozpylona w czasie 55 s. Wyniki podane w tablicy 2 dotyczą płaszczyzny przekroju odległej od początkowego przekroju strugi o  $x = 30$  cm. Gęstość strumienia obliczano wzorem (2) i na przykład dla

punktu o współrzędnych  $x = 30$  cm,  $y = -20$  cm otrzymuje się na podstawie tablicy 2 następującą wartość

$$g = \frac{23 \text{ mg}}{100 \text{ cm}^2 \cdot 55 \text{ s}} = 0,25 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{min}}$$

Tablica 2

Rozkład masy (w mg) kropeł podług średnic

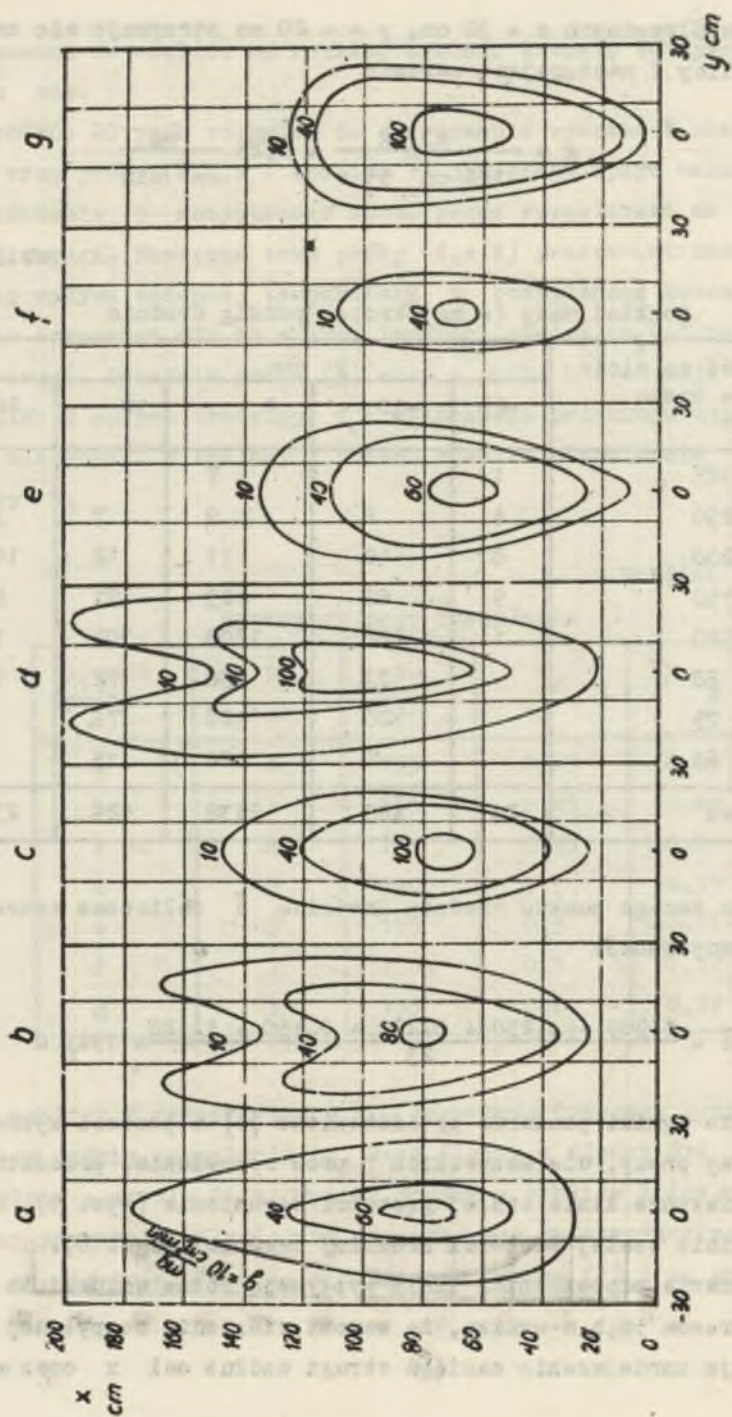
Pozostałość na sicie o wymiarze oczka $\mu\text{m}$	y cm				
	-20	-10	0	10	20
385	1		7		
250	4	8	9	7	3
200	8	10	11	12	10
150	9	83	123	91	8
120	1	282	1208	301	1
88		73	638	72	1
75		20	128	78	
60		8	24	15	
Razem	23	489	2138	526	23

Dla tego samego punktu średnią średnicę  $\bar{d}$  obliczono wzorem (1) w następujący sposób

$$\bar{d} = \frac{1 \cdot 385 + 4 \cdot 250 + 8 \cdot 200 + 9 \cdot 150 + 1 \cdot 120}{23} = 194 \mu\text{m}$$

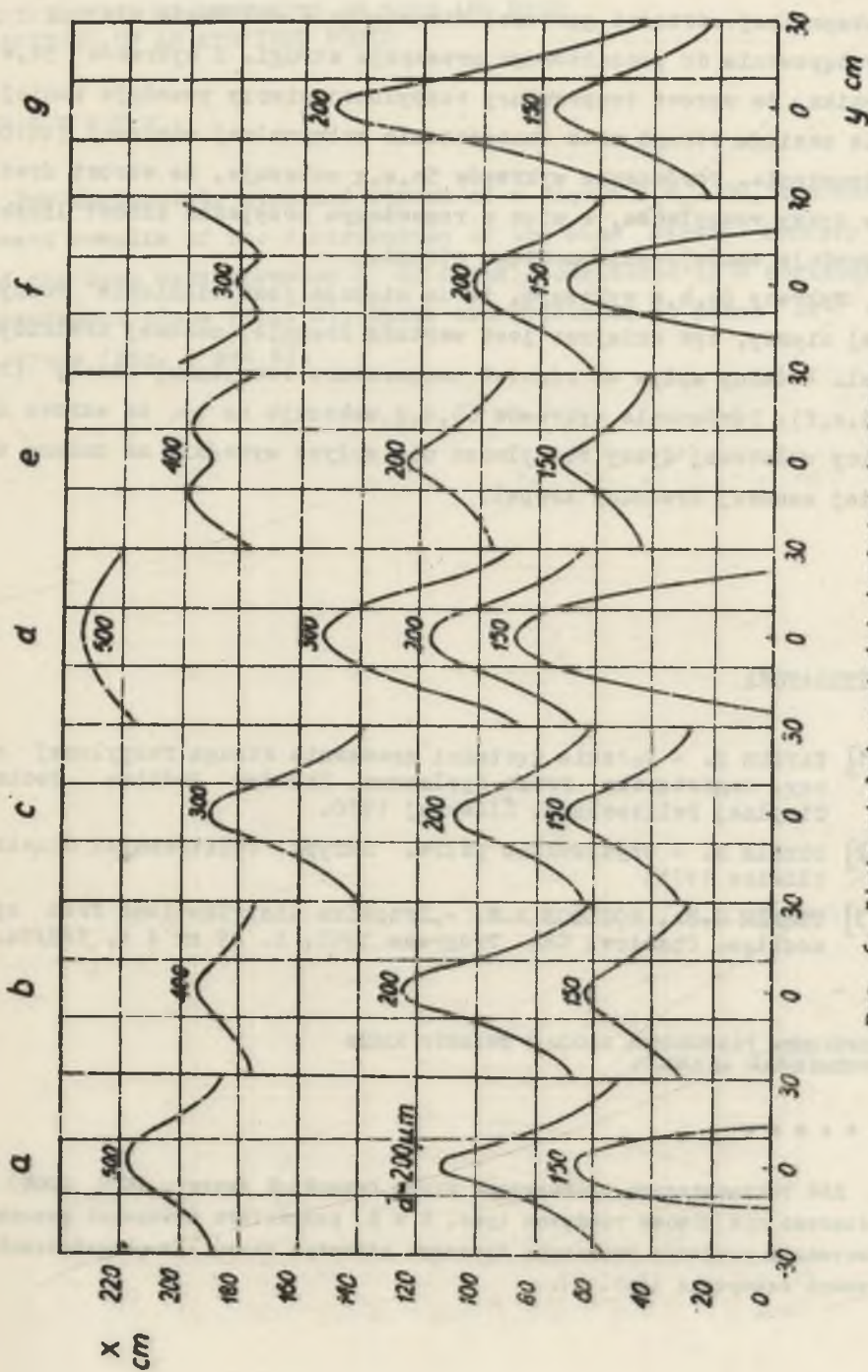
Wszystkie wyniki pomiarów przedstawiono [1] w postaci wykresów. W niniejszej pracy, dla wszystkich 7 prób rozpylania, przedstawiono tylko niektóre linie stałej gęstości strumienia (rys. 5) oraz niektóre linie stałej wartości średniej średnicy (rys. 6).

Z porównania odpowiednich linii wypływają różne wnioski. Na przykład z wykresów 5a,b,c wynika, że wzrost ciśnienia rozpylonej cieczy powoduje zmniejszenie zasięgu strugi wzdłuż osi  $x$  oraz wzrost



Rys. 5. Linie stałej gęstości strumienia





Rys. 6. Linie stałej wartości średniej średnicy

maksymalnej wartości gęstości strumienia i zbliżenie miejsca jej występowania do początkowego przekroju strugi. Z wykresów 5d,e,f, wynika, że wzrost temperatury rozpylonej cieczy powoduje zmniejszenie zasięgu strugi oraz zmniejszenie maksymalnej wartości gęstości strumienia. Porównanie wykresów 5b,e,g wskazuje, że wzrost średnicy dyszy rozpylacza, a więc w rozważanym przypadku wzrost liczby  $W$  powoduje zmniejszenie zasięgu strugi.

Wykresy 6a,b,c wykazują, że im większe jest ciśnienie rozpylanej cieczy, tym mniejsza jest wartość średniej masowej średnicy kropeł. Podobny wpływ ma również temperatura rozpylanej cieczy (rys. 6d,e,f). Porównanie wykresów 6b,e,g, wskazuje na to, że wzrost średnicy wylotowej dyszy rozpylacza nie wpływa wyraźnie na zmianę średniej masowej średnicy kropeł.

#### LITERATURA

- [1] KAPŁON Z. - Badanie gęstości zraszania strugą rozpylonej cieczy. Magisterska Praca dyplomowa. Katedra Podstaw Techniki Ciepłej Politechniki Śląskiej 1970.
- [2] PETELA R. - Użytkowanie paliw. Skrypt Politechniki Śląskiej. Gliwice 1971.
- [3] TURNER G.M., MOULTON R.W. - Dropsize distributions from spray nozzles. Chemical Eng. Progress 1953, t. 49 nr 4 s. 185/94.

#### ИЗМЕРЕНИЯ РАЗЛОЖЕНИЯ МАССЫ И ДИАМЕТР КАПЛИ РАСПЫЛЕННОЙ ЖИДКОСТИ

#### Резюме

Для горизонтально распыленной струи бензойной кислоты ( $C_6H_5COOH$ ) представлено при помощи графиков (рис. 5 и 6) результаты измерений разложения густоты потока и массового среднего диаметра капли в горизонтальной плоскости измерения (рис. 2).

DISTRIBUTION MEASUREMENTS OF MASS AND DROP  
DIAMETERS OF AN ATOMIZED FLUID

## S u m m a r y

For horizontally atomized stream of a liquid  $C_6H_5COOH$ , the measurement results of the distribution of the mass stream density  $g$  and the mean mass diameter  $\bar{d}$  of drops, considered in a horizontal measurement plane (Fig. 2), there are presented by means of the diagrams (Fig. 5 and 6).