ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1968
Seria: GÓRNICTWO z. 29 Nr kol. 218

JERZY NAWROCKI

PRZESIEWANIE MATERIAŁU NA SICIE W ZALEŻNOŚCI OD JEGO DŁUGOŚCI

Streszczenie. Dla modelu przesiewacza wahadłowego przeprowadzono doświadczenia celem określenia procesu przesiewania na sicie w zależności od jego długości. W badaniach oparto się na teorii podanej przez Budryka.

Wstęp

Z charakteru procesu przesiewania wynika, że stosowanie nadmiernie długich sit nie jest celowe, gdyż wydłużenie sita ponad pewną granicę, zależną przede wszystkim od składu ziarnowego materiału i obciążenia sita nie przyniesie zasadniczego polepszenia jakości produktów przesiewania. Z tego też względu przeprowadzono doświadczenia na przesiewaczu wahadłowym dynamicznie niezrównoważonym celem określenia prawdopodobieństwa przejścia ziarn przez otwór sita w zależności od długości.

Dla przypadku najprostszego, gdy przesiewany materiał nie tworzy grubszej warstsy, gdy każde ziarno znajduje się na powierzchni sita i gdy ziarna przechodzące przez sito są jednakowej wielkości θ możemy obliczyć jaka ilość ziarn zostaje na sicie po przejściu długości x.

Jeżeli oznaczymy przez

q_o - początkowa ilość ziarn o wielkości "θ",

q - ilość podziarna na sicie w odległości x od jego początku,

L - długość sita,

ilość przechodzących ziarn dq na długości dx jest proporcjonalna do całkowitej ich ilości (q) w danym miejscu, a wobec tego

$$\frac{dq}{dx} = -cq; \qquad \frac{dq}{q} = -cdx \tag{1}$$

gdzie: c - współczynnik proporcjonalności zależny od θ, który waha się od 0 do ∞

Całkując to równanie otrzymamy:

$$\ln q = -cx + C$$

Stałą całkowania C znajdziemy z warunku, że przy $x = 0$, $q = q_o$

$$\ln q_o = C$$

Po podstawieniu otrzymamy:

$$\ln q = -cx + \ln q_o$$

$$\ln \frac{q}{q_o} = -cx$$

$$\frac{q}{q_o} = e^{-cx} \tag{2}$$

zostaje na sicie w odległości x od jego początku

$$q = q_o\, e^{-cx} \tag{3}$$

Celem sprawdzenia powyższej zależności przeprowadzono doświadczenia na modelu przesiewacza wahadłowego, w którym odbiór klasy dolnej odbywał się do czterech przegród ustawionych w odległości 0,5 m jedna od drugiej. Zastosowano sita plecione o wielkości otworu 5 mm. Do badań zastosowano piasek, a to z tego względu, aby doświadczenia można było powtarzać kilkakrotnie bez zmian parametrów granulometrycznych.

Z nadawy 10-0 mm wydzielono klasę 10-5 mm oraz klasę 2-1 mm, a następnie te dwie klasy dokładnie wymieszano. Tak przygotowaną nadawę przesiewano kilkakrotnie na sicie o otworach ϕ5 mm,

a ziarna klasy dolnej odbierano w poszczególnych przegrodach. W ten sposób otrzymano średnią procentową wartość wychodu klasy dolnej na całej długości sita. Charakter procesu przesiewania na poszczególnych odcinkach długości sita przedstawia rys. 1.

Oznaczenia dotyczące rys. 1:

- krzywa I oznacza ilościowy przebieg przesiewania na poszczególnych odcinkach długości sita,
- krzywa II oznacza zależność pomiędzy ilością podziarna a długością sita na podstawie przeprowadzonych doświadczeń,
- krzywa III oznacza zależność pomiędzy ilością podziarna a długością sita na podstawie obliczeń analitycznych wg następującego wzoru:

$$q = 40\ e^{-2,7 \cdot x}$$

gdzie: x - długość sita.

Rysunek 2 przedstawia te same zależności z tym tylko, że skład granulometryczny materiału był inny

- krzywą III dla tego rysunku wykreślono wg następującej zależności:

$$q = 340^{-2,0} \cdot x$$

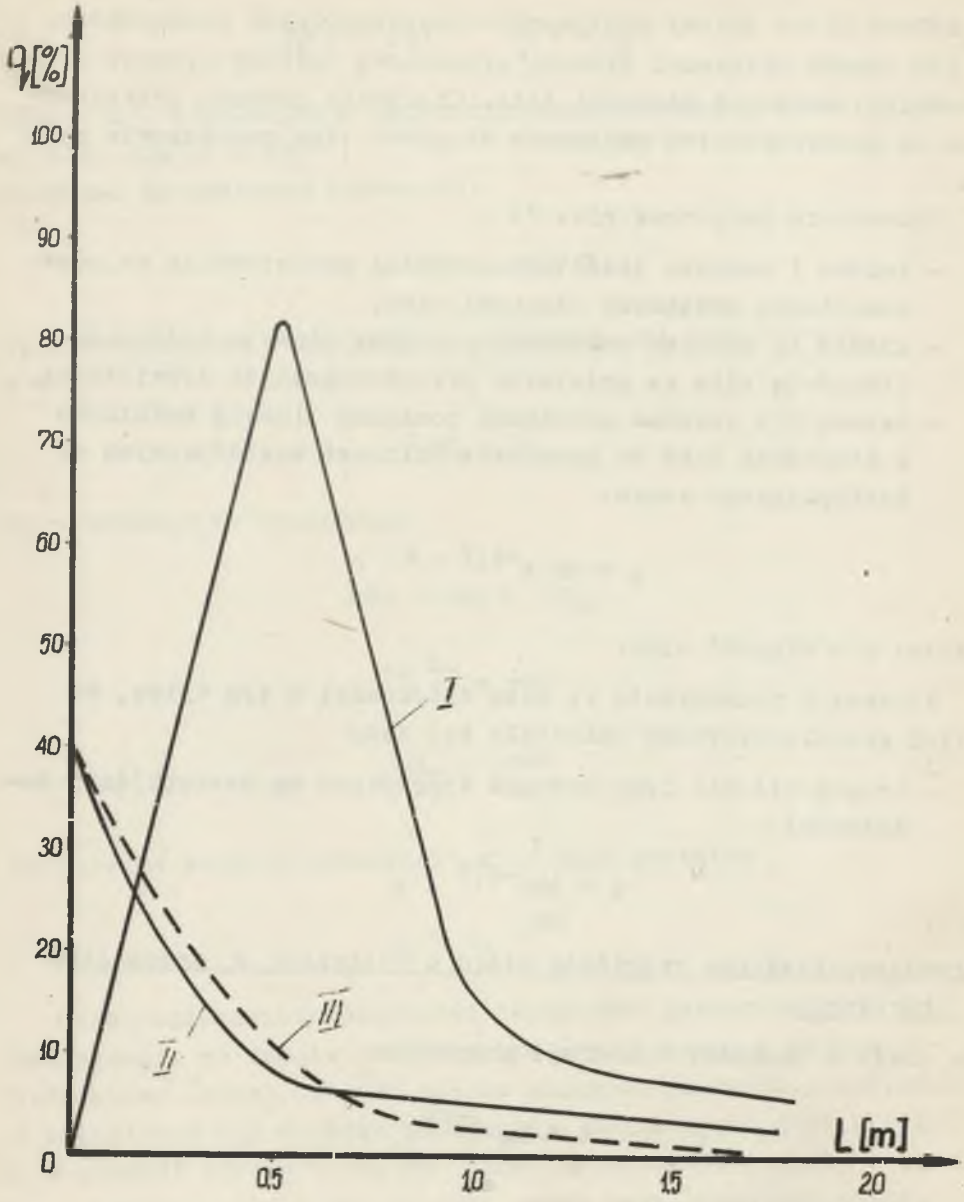
Prawdopodobieństwo przejścia ziarn o wymiarach θ przez sito o długości L

Na sicie o długości L zostaje podziarna

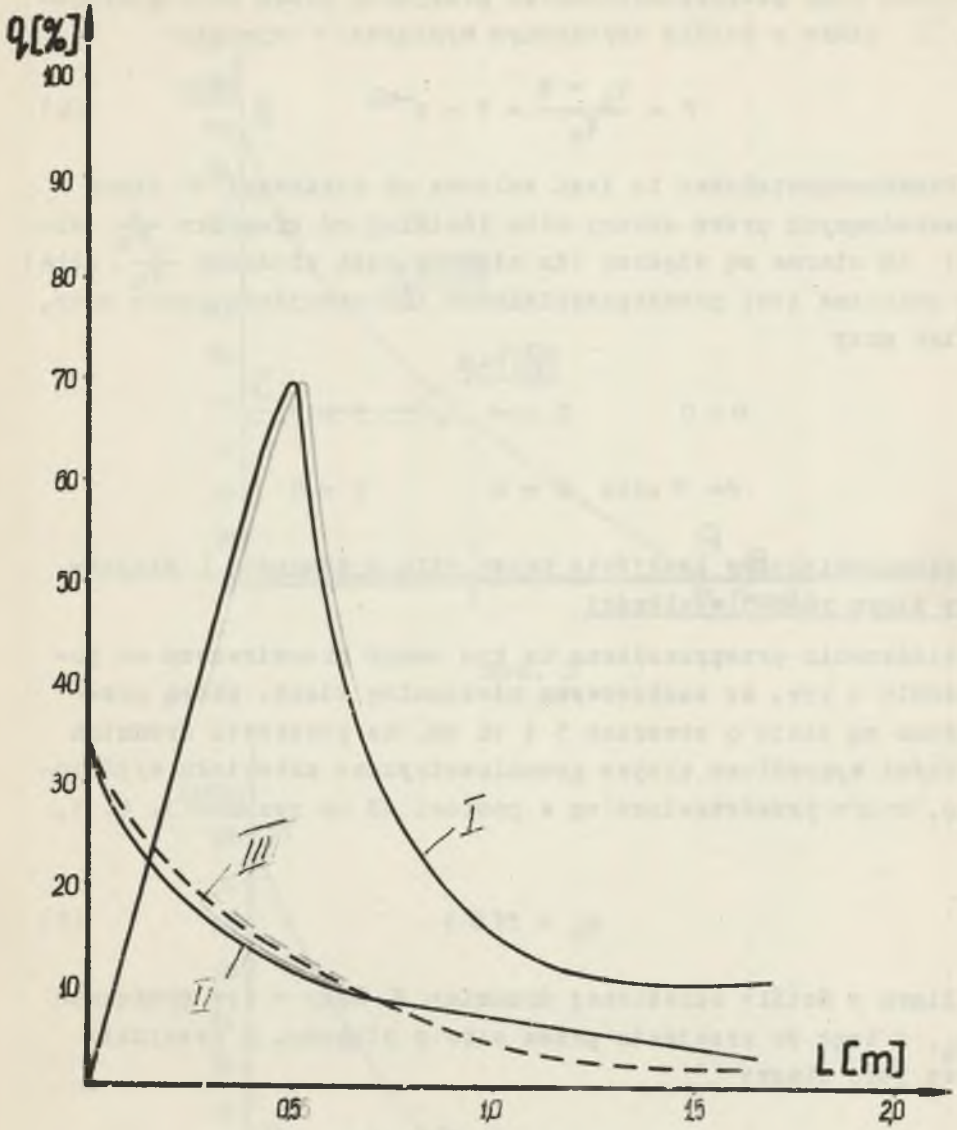
$$q = q_0\ e^{-cL}$$

a więcej przechodzi przez sito

$$q_0 - q = q_0\ (1 - e^{-cL})$$



Rys. 1



Rys. 2

Wobec tego prawdopodobieństwa przejścia przez sito o długości L ziarn o ściśle określonym wymiarze θ wynosi:

$$P = \frac{q_o - q}{q_o} = 1 - e^{-cL} \tag{4}$$

Prawdopodobieństwo to jest zależne od wielkości θ ziarn przechodzących przez otwory sita (ściślej od stosunku $\frac{\theta}{\theta_x}$ sita): Im ziarna są większe (im większy jest stosunek $\frac{\theta}{\theta_x}$ sita) tym mniejsze jest prawdopodobieństwo ich przejścia przez sito, a więc przy

$$\theta = 0 \qquad C = \infty \qquad P = 1$$

$$\theta = \theta \text{ sita} \qquad C = 0 \qquad P = 0$$

<u>Prawdopodobieństwo przejścia przez sito o długości L mieszaniny ziarn różnej wielkości</u>

Doświadczenia przeprowadzono na tym samym przesiewaczu co poprzednio z tym, że zastosowano mieszaninę ziarn, którą przesiewano na sicie o otworach 5 i 10 mm. Na podstawie średnich wartości wykreślono krzywe granulometryczne materiału wyjściowego, które przedstawione są w postaci AB na rysunku 3, 4, 5, 6.

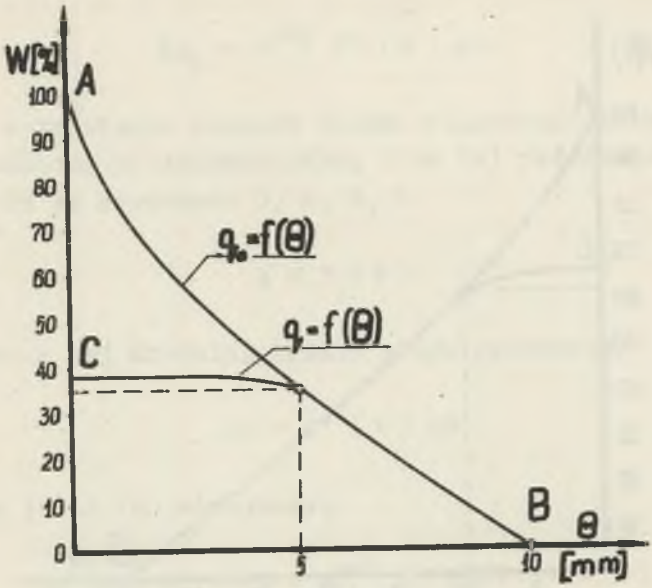
$$q_o = f(\theta) \tag{5}$$

Ziarn o ściśle określonej średnicy θ mamy w tym produkcie dq_o, z tego po przejściu przez sito o długości L przejdzie przez jego otwory

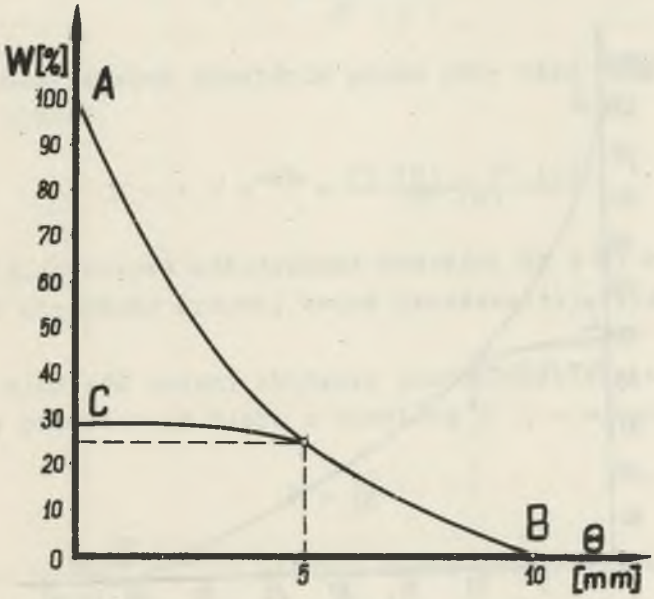
$$P\, dq_o = (1 - e^{-cL})\, \delta q_o$$

pozostanie na sicie podziarno

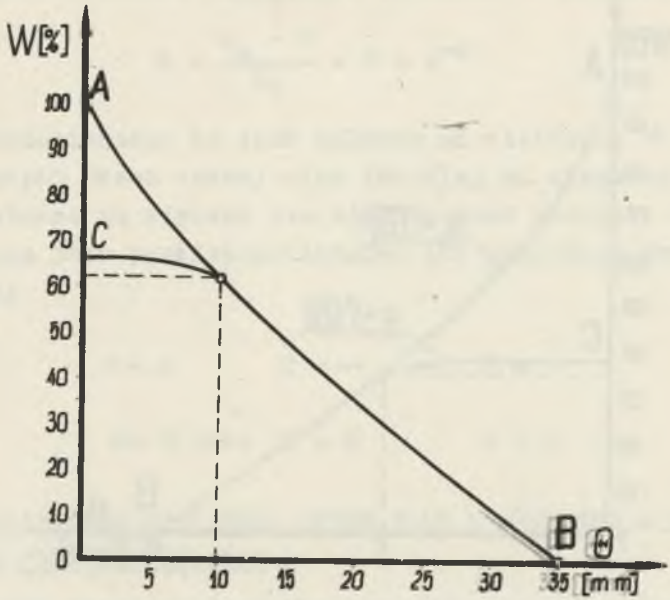
$$dq = dq_o - (1 - e^{-cL})\, dq_o = e^{-cL}\, dq_o$$


W[%]
A
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
$q_o = f(\theta)$
$q = f(\theta)$
C
B
θ
5
10
[mm]

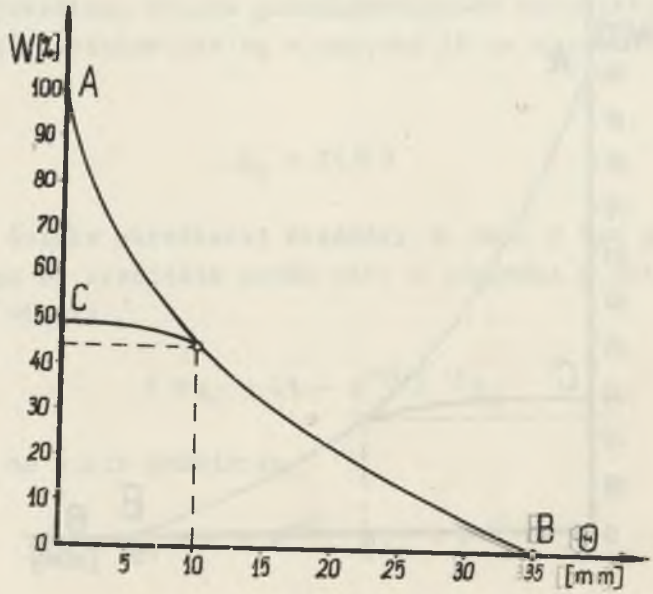
Rys. 3


W[%]
A
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
C
B
θ
5
10
[mm]

Rys. 4


W[%]
A
C
B
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
5
10
15
20
25
30
35
[mm]

Rys. 5


W[%]
A
C
B
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
5
10
15
20
25
30
35
[mm]

Rys. 6

po podstawieniu otrzymamy

$$dq_o = e^{-cL} f'(\theta)\, d\theta \qquad (6)$$

W celu wykreślenia krzywej składu ziarnowego klasy górnej wykonano analizę granulometryczną i na tej podstawie wykreślono krzywą CB na rysunkach 3, 4, 5, 6

$$q = F(\theta) \qquad (7)$$

ilość ziarn o tej średnicy będzie w tym produkcie:

$$dq = F'(\theta)\, d\theta \qquad (8)$$

porównując (6) i (8) otrzymamy:

$$F'(\theta) = e^{-cL} f'(\theta) \qquad (9)$$

a więc

$$e^{-cL} = \frac{F'(\theta)}{f'(\theta)} \qquad (10)$$

Prawdopodobieństwo przejścia przez dane sito ziarn o różnej wielkości wynosi

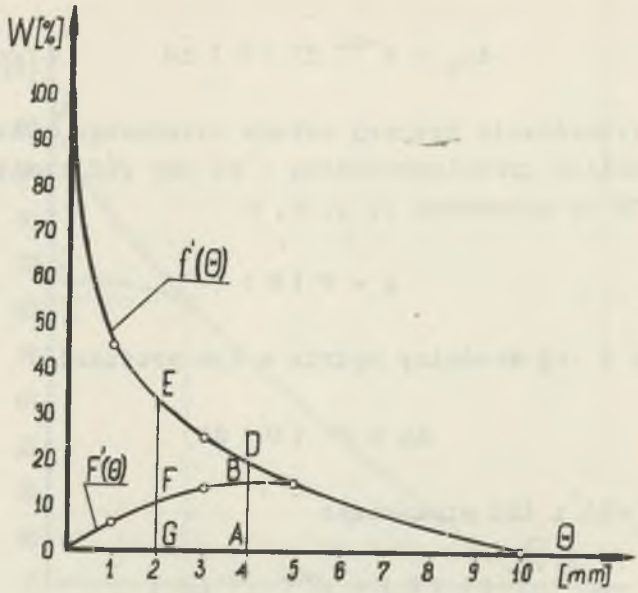
$$P = 1 - e^{-cL} = \frac{f'(\theta) - F'(\theta)}{f'(\theta)} \qquad (11)$$

Wykreślając krzywe różniczkowe krzywych AB i CB z rysunku 3, 4, 5, 6 otrzymamy krzywe, które przedstawiają rysunki 7, 8, 9, 10.

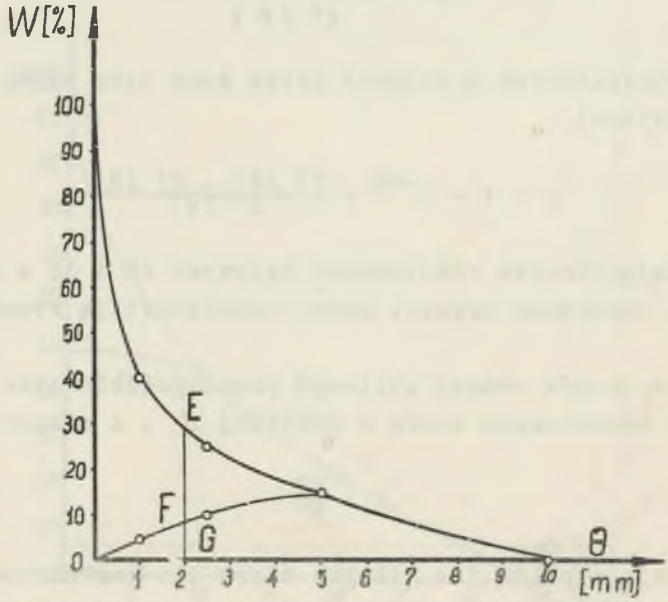
Z tych wykresów możemy obliczyć prawdopodobieństwo przejścia przez dany przesiewacz ziarn o dowolnej θ, a mianowicie

$$P = \frac{EF}{EG}$$

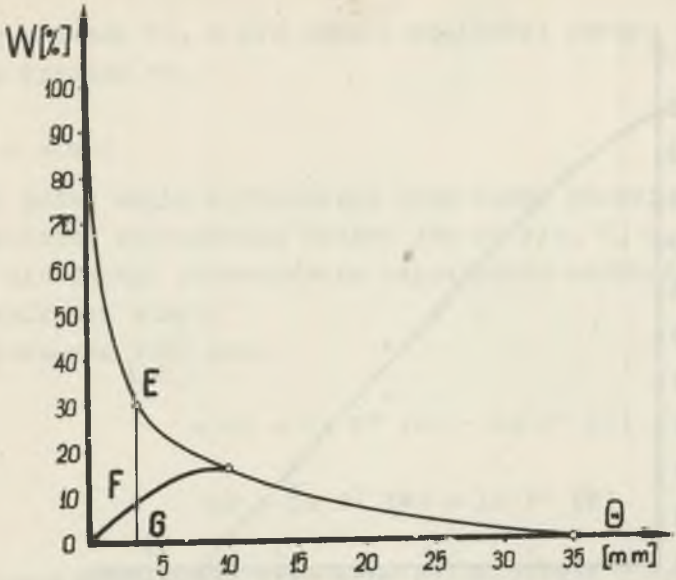
Prawdopodobieństwo to dla różnych ziarn dla przesiewacza dynamicznie niezrównoważonego o wielkości otworu sita 5 mm przed-


W[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
f'(Θ)
E
D
F'(Θ)
F
B
G
A
Θ
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 [mm]

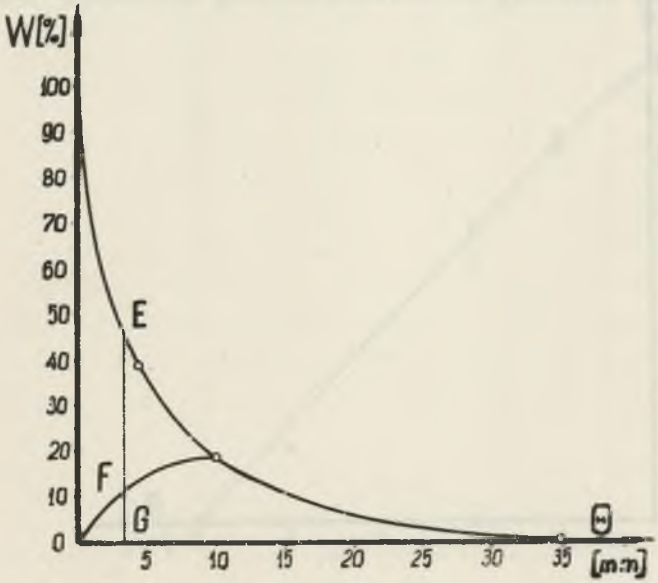
Rys. 7


W[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
E
F
G
Θ
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 [mm]

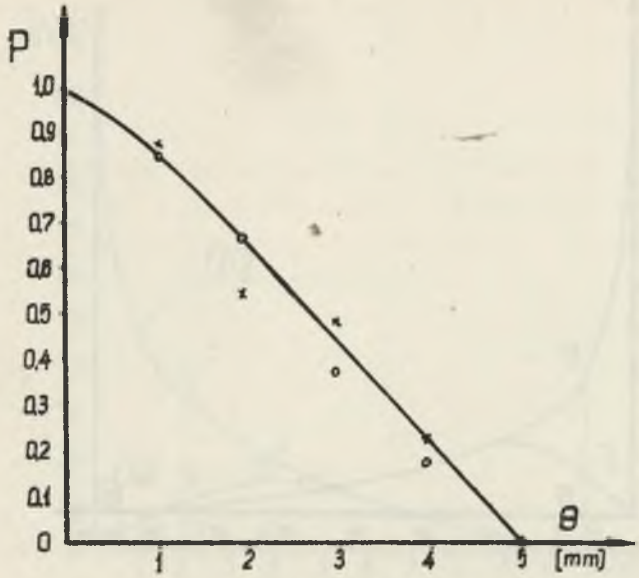
Rys. 8


W[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
E
F
G
Θ
5
10
15
20
25
30
35
[mm]

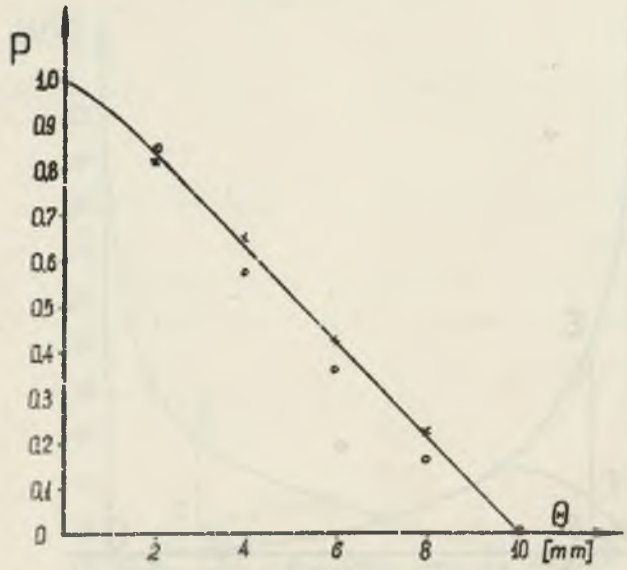
Rys. 9


W[%]
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
E
F
G
Θ
5
10
15
20
25
30
35
[mm]

Rys. 10


P
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
θ
1
2
3
4
5
[mm]

Rys. 11


P
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
θ
2
4
6
8
10
[mm]

Rys. 12

stawia rysunek 11, a dla sita o wielkości otworu 10 mm przedstawia rysunek 12.

W n i o s k i

Biorąc próby węgla wyjściowego oraz klasy górnej z dowolnego przesiewacza sporządzamy krzywe jak na rys. 7, 8, 9, 10 otrzymując dla danego przesiewacza odpowiednie wielkości P dla różnej wielkości ziarn.

Z równania (10) mamy

$$- oL = \ln F'(\theta) - \ln f'(\theta)$$

$$oL = \ln f'(\theta) - \ln F'(\theta)$$

Z powyższego wzoru otrzymamy współczynnik proporcjonalności o, jak również możemy wyciągnąć wnioski co do potrzebnej długości przesiewacza. Dalszym etapem pracy będzie sprawdzenie słuszności hipotezy Michelina, która głosi, że prawdopodobieństwo jest odwrotnie proporcjonalne do grubości warstwy materiału.