ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Nr 71 Górnictwo z.5 1962

JERZY NAWROCKI

PRZYCZYNEK DO TEORII PRĘDKOŚCI MATERIAŁU NA SICIE PRZESIEWACZA

Streszczenie: W artykule podano wzór na obliczenie prędkości materiału na sicie przesiewacza. Spośród dotychczas stosowanych wzorów wykazuje on najmniejsze odchyłki.

1. ANALIZA RUCHU MATERIAŁU NA SICIE

Cechą pracy nowoczesnych przesiewaczy jest ruch materiału z podrzutem. Miarą tej cechy jest wskaźnik podrzutu

$$u = \frac{S_o \omega^2}{g} \frac{\sin\gamma}{\cos\beta} \qquad (1)$$

gdzie:

S_o - amplituda wahań sita m

ω - prędkość kątowa, min^{-1}

g - przyspieszenie ziemskie, m/sek^2

γ - kąt torów sita $\gamma = \alpha + \beta$

α - nachylenie wahaczy

β - pochylenie rzeszota

Nowoczesne przesiewacze pracują przy $u = 1,4 - 2,5$. Teoretyczny zakres tego wskaźnika wynosi od 1 do 3,29.

Ruch materiału z podrzutem jest złożony, obok bowiem podrzutu występują również poślizgi materiału na sicie, przy czym chwila poślizgu zachodzi przed chwilą podrzutu.

Również po powrocie materiału na sito występuje poślizg wskutek prędkości materiału, która wynika ze swobodnego spadku w czasie lotu nad sitem.

Rysunek 1 przedstawia w dostatecznie wysokim stopniu zjawiska ruchu materiału. Oś odciętych przedstawia czas, oś rzędnych zaś wielkość poziomej składowej prędkości ziarna.

Po uruchomieniu przesiewacza z materiałem na sicie w pierwszym okresie może się tak zdarzyć, że w chwili podrzutu prędkość materiału jest równa prędkości sita. Jednak po upływie stosunkowo krótkiego czasu i ustaleniu się warunków ruchu można uzasadnić, że wykres prędkości materiału przedstawia się w formie linii FEABDF.

Rzędna odcinka A B przedstawia zarówno długość czasu lotu tj. podrzutu materiału, jak też wielkość składowej prędkości. Zgodnie z prawem swobodnego ruchu ciała składowa pozioma dla tego okresu jest stała.

Po powrocie materiału na sito występuje poślizg. Pod wpływem tarcia następuje zmiana składowej prędkości. Do czasu, w którym składowa prędkości materiału jest większa od składowej prędkości sita, przedstawionej na wykresie cosinusoidą, prędkość materiału maleje. Składowa prędkości przedstawiona jest dla tego okresu linią B D. Wobec tego, że po upływie tego okresu prędkość sita jest większa od prędkości materiału, prędkość materiału rośnie - linia D F E. W punkcie E prędkości materiału oraz sita są równe i poślizg ustaje.

W książce "Teoria i budowa przesiewaczy" jest podany następujący wzór:

$$V_1 = \frac{g}{\omega} \frac{\cos\alpha}{\sin\gamma}\sqrt{\frac{u-1}{2}(u^2-1)} \qquad (2)$$

Wzór ten został opracowany przy założeniach podanych poprzednio. Zakreskowane pole (rys.1) jest obrazem wielkości drogi, którą odbyło ziarno na sicie.

Wzór ten jest wzorem przybliżonym. Przy wyprowadzeniu tego wzoru istotnym było obliczenie czasu τ przedstawionego odcinkiem G H. Wyprowadzenie tej wielkości dało w wyniku następujące równanie

$$\frac{\tau^2}{2}\left(1+\frac{tg\beta}{tg\alpha}\right) - \tau\sqrt{u^2-1}\left(1+\frac{tg\beta}{tg\alpha}\right) + \sin\tau\sqrt{u^2-1} + \cos\tau - 1 = 0$$

Wykazano, że przy dopuszczeniu stosunkowo nieznacznego błędu można przyjąć, że

$$\tau = \pi\sqrt{2(u-1)}$$

2. SPOSÓB PROWADZENIA POMIARÓW

Dla sprawdzenia wyprowadzonych wzorów przeprowadzono pomiar prędkości materiału na przesiewaczach pracujących w przemyśle.

W tablicy 1 podano miejsce pomiaru i rodzaj przesiewaczy.

Obliczenie średniej wartości czasu lotu ziarna $\bar{x}$ na przesiewaczu:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} X_i = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} y_i \right] + a$$

$$y_i = x_i - a$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2 \right]$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

przy czym w składzie normalnym

$$S^2 = \sigma^2$$

$$S = \sigma$$

Oznaczenia:

$\bar{X}$ - wartość średnia czasu lotu ziarna
X_i - wynik pomiaru i-tego kawałka
y_i - $x_i - a$
a - stała (przyjęta prowizorycznie wartość średnia)
n - ilość pomiarów
S^2 - skorygowana wariancja
$\sigma_{\bar{x}}$ - odchylenie średnie wartości średniej
σ - odchylenie średniej w badanej partii

Wyniki pomiarów średniej wartości czasu lotu ziarna podane są w tablicy 2.

3. OBLICZENIE PRĘDKOŚCI MATERIAŁU NA PRZESIEWACZU

Prędkość pomierzona dla masy ziarn i pojedynczego ziarna przedstawia tablica 2.

Parametry przesiewaczy, prędkości obliczone i pomierzone podane są w tablicy 3.

Zgodnie z przewidywaniami pomierzona prędkość w każdym przypadku jest większa od wyliczonej wzorem 2.

Różnice między prędkością pomierzoną a obliczoną wahają się w granicach od 45% do 25% co dokładnie widać na rysunku 2.

4. UZUPEŁNIENIE WZORU DOTYCHCZAS STOSOWANEGO

Wzór 2 uwzględnia jedynie pole określone prostokątem A B i osią t. Swoją koncepcję uzupełnienia wzoru oparł autor na analizie ruchu względnego ziarna wobec rzeszota, a nie na prędkości bezwzględnej rys.3.

Całkując pole zawarte między A B a cosinusoidą otrzymuje się:

$$S = -\int_{\omega t_A}^{\frac{\pi}{2}} r\omega \cos \omega t \, dt - \int_{\frac{\pi}{2}}^{\omega t_A + \tau} r \cos \omega t \, dt$$

$$S = -r \sin \omega t \Big|_{\omega t_A}^{\frac{\pi}{2}} - r \sin \omega t \Big|_{\frac{\pi}{2}}^{\omega t_A + \tau}$$

$$S = r\left[\sin \omega t_A - \sin(\omega t_A + \tau)\right]$$

gdzie:

$$r = S_o \cos\gamma$$

$$\sin\omega t_A = \frac{1}{u}$$

$$S = S_o \cos\gamma \left[\frac{1}{u} - \sin(\omega t_A + \tau)\right]$$

$$V_2 = \frac{n\,S}{60} = \frac{S\omega}{2\pi}$$

$$V_2 = \frac{\omega S_o \cos\gamma}{2\pi}\left[\frac{1}{u} - \sin(\omega t_A + \tau)\right]$$

$$V_3 = V_2 + V$$

$$V_3 = \frac{g}{\omega}\,\frac{\cos\alpha}{\sin\gamma}\sqrt{\frac{u-1}{2}(u^2-1)} + S_o \cos\gamma\frac{\omega}{2\pi}\left[\frac{1}{u} - \sin(\omega t_A + \tau)\right] \quad (3)$$

Przy pominięciu wartości $\sin(\omega t_A + \tau)$, co w większości przypadków jest dopuszczalne, otrzymujemy uproszczoną postać wzoru:

$$V_4 = \frac{g}{\omega}\,\frac{1}{\sin\gamma}\left[\cos\alpha\sqrt{\frac{u-1}{2}(u^2-1)} + \frac{\cos\beta\cos\gamma}{2\pi}\right] \quad (4)$$

5. DOŚWIADCZALNA WERYFIKACJA WZORÓW

Wyniki prędkości obliczeń i pomiarów podane są w tablicy 4 i rys. 4.

Krzywa V_I przedstawia wyniki obliczeń wg wzoru 2

Krzywa V_{II} przedstawia wyniki obliczeń wg wzoru 4

Krzywa V_{III} przedstawia wyniki obliczeń wg wzoru 3

Krzywa V_{IV} przedstawia wyniki pomierzone.

Porównania wartości liczbowych wskazują na największą dokładność wzoru 3.

W większości przypadków jako wystarczająco dokładny można stosować wzór 4.

6. WPŁYW GRUBOŚCI WARSTWY MATERIAŁU NA PRĘDKOŚĆ

Stwierdzone poprzednio różnice prędkości materiału (pojedyncze ziarna - masa ziarn) skłoniły do próby zbadania wpływu grubości warstwy materiału na wielkość prędkości.

W tym celu dokonano pomiaru prędkości materiału przy różnej grubości warstwy. Grubość warstwy materiału 1,5θ przyjęto jako 100%. Następnie powiększano grubość warstwy materiału co 20% i mierzono prędkość materiału.

Wyniki pomiaru podano w tablicy 5 i na wykresie 5.

Jak wynika z wartości podanych w tablicy 5 i na wykresie prędkość materiału maleje w miarę wzrastania grubości warstwy. Należy jednak przy analizie tych wyników zwrócić uwagę na to, że technika pomiarów oparta była głównie na obserwacji ziarna, które znajduje się w górnej części warstwy. Z punktu widzenia teoretycznego trzeba wziąć pod uwagę różne prędkości materiału z różnej grubości warstwy.

Można jednak sądzić, że różnice te nie wpływają w zasadniczy sposób na obraz wpływu grubości warstw określonych w zdaniach poprzednich.

Jako wniosek z analizy pomiarów proponuję co następuje:

- jeżeli mamy warstwę materiału większą od 1,5θ należy obliczoną prędkość pomniejszyć o wartość $V^{\perp}$ podaną na rysunku 5.

LITERATURA

1. J.Dietrych - Teoria i budowa przesiewaczy.

К ВОПРОСУ О ТЕОРИИ СКОРОСТИ МАТЕРИАЛА НА СИТЕ ГРОХОТА

Содержание

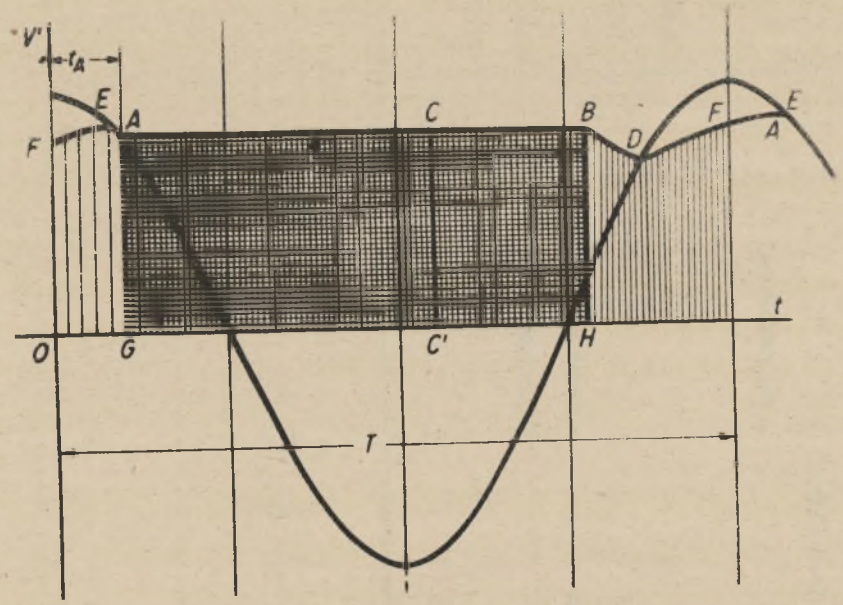
В статьи выведено уравнение для определения скорости частиц на сите грохота.

Из всех существующих и известных уравнений оно является найболее точным.

LE SUPPLEMENT A LA THEORIE DE LA VITESSE DU MATERIAL SUR LE CRIBLE

Résumé

Dans cet article on a donné la formule pour calculer la vitesse sur le crible. Parmi les formules ampliquées jusqu'ici celle — la démontre les moindres ecarts.



Rys.1. Prędkość materiału na sicie przy ruchu z podrzutem

Tablica 1

Miejsce pomiaru i rodzaj przesiewacza

Lp.	Miejsce pomiaru "Kopalnia"	Rodzaj przesiewacza	Układ sit
1	Julian	mimośrodowy	posobny
2	Kazimierz-Juliusz	"	"
3	Kleofas	resonansowy	"
4	Knurów	"	"
5	Knurów	"	nadsobny
6	Makoszowy	"	posobny
7	Pstrowski	mimośrodowy	"
8	Rozbark	resonansowy	nadsobny
9	Rozbark	"	mieszany
10	Wieczorek	"	"

Tablica 2

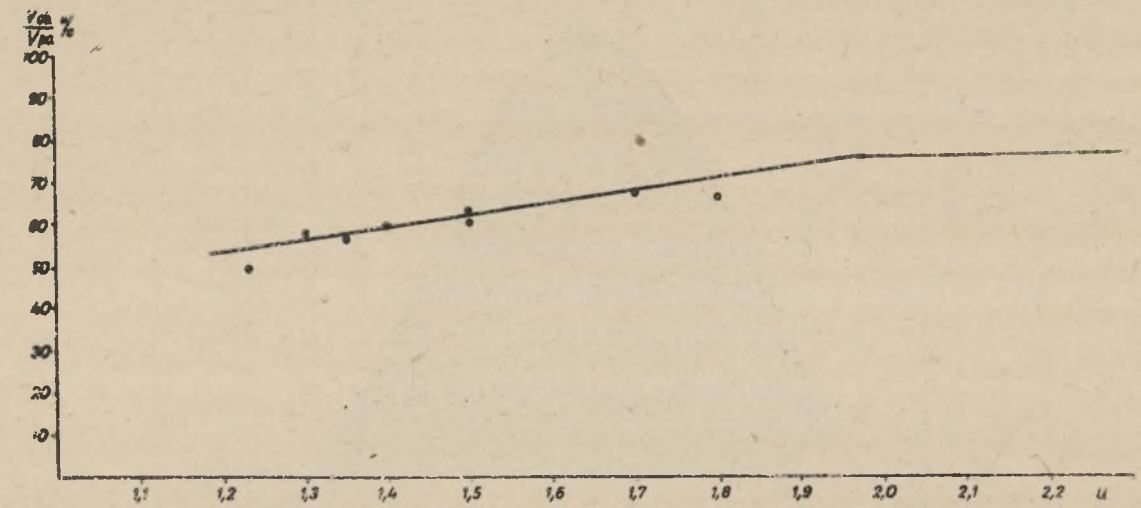
Czas, średnie odchylenie, droga, prędkość materiału

Lp.	Czas dla jednego ziarna	Czas dla masy ziarna t	Średnie odchylenie S	Droga ziarna S_1	Prędkość dla jednego ziarna	Prędkość dla masy ziarna	Różnica prędkość
1	3,7	4,01	0,033	2,76	0,74	0,69	0,05
2	4,7	5,14	0,073	2,6	0,52	0,48	0,04
3	7,8	9,12	0,08	4,2	0,54	0,46	0,08
4	10,6	14,0	0,02	4,34	0,41	0,31	0,1
5	9,1	10,08	0,035	6,4	0,7	0,64	0,06
6	4,4	4,99	0,08	2,84	0.65	0.57	0,08
7	4,1	5,92	0,077	1,48	0,36	0,25	0,11
8	10,0	12,13	0,06	5,21	0,52	0.43	0,09
9	7,2	10,17	0,069	3,15	0,44	0,31	0,13
10	5,1	6,02	0.12	2,64	0,52	0,44	0,08

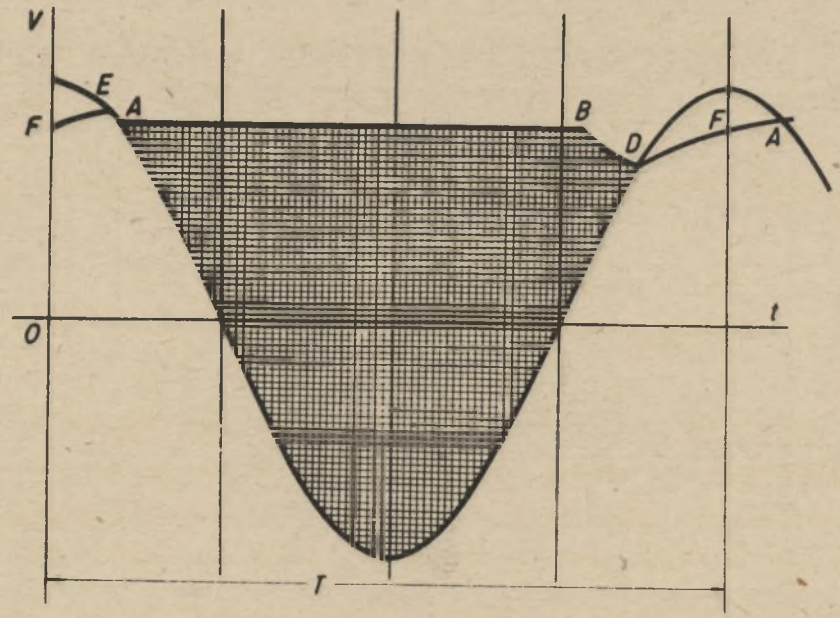
Tablica 3

Parametry przesiewaczy

Lp.	Amplituda S_o	Częstość wahań n	Nachylenie wahaczy α	Pochylenie rzeszota β	Wskaźnik podrzutu u	Prędkość obliczona wzorem 1	Prędkość pomierzona	Różnica prędkość
1	0,018	475	14	12	2	0,53	0,69	0,16
2	0,01	630	35	5	2,7	0,38	0,48	0,1
3	0,02	400	20	5	1,5	0,29	0,46	0,17
4	0,017	400	20	5	1,3	0,17	0,31	0,14
5	0,023	400	20	4	1,7	0,42	0,64	0,22
6	0,02	400	30	0	1,8	0,37	0,57	0,2
7	0,015	360	30	10	1,4	0,14	0,25	0,11
8	0,02	400	25	0	1,5	0,26	0,43	0,17
9	0,02	400	16	4	1,23	0,15	0,31	0,16
10	0,023	400	15	4	1,35	0,25	0,44	0,19



Rys.2. Prędkość w zależności od wskaźnika podrzutu



Rys.3. Prędkość materiału na sicie przy ruchu z podrzutem

Tablica 4

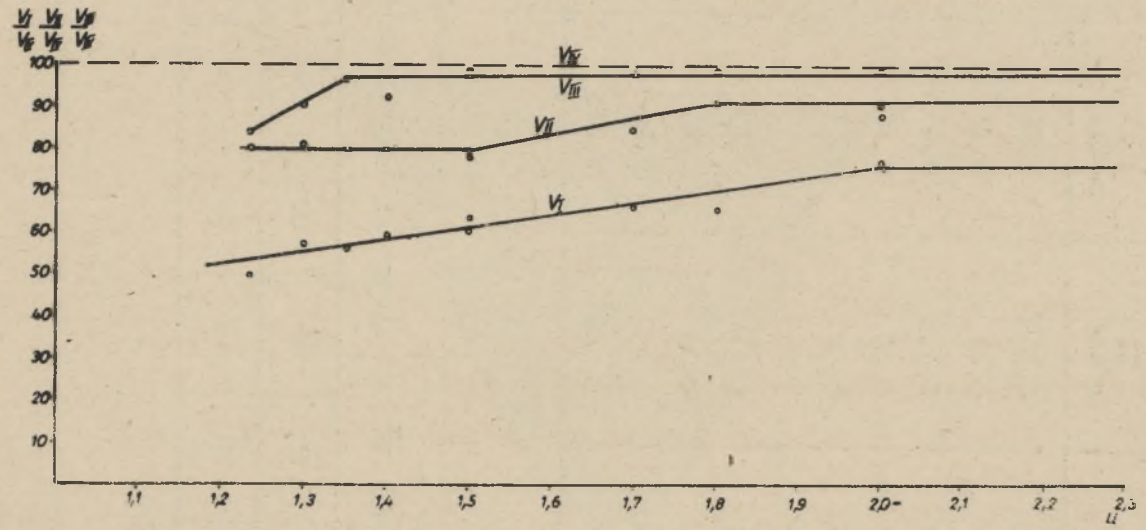
Prędkości obliczone i pomierzone

Lp.	V_I m/sec	V_{II} m/sec	V_{III} m/sec	V_{IV} m/sec
1	0,53	0,598	0,66	0,69
2	0,38	0,43	0,46	0,48
3	0,29	0,365	0,45	0,46
4	0,17	0,25	0,28	0,31
5	0,42	0,55	0,64	0,645
6	0,37	0,52	0,56	0,57
7	0,14	0,2	0,23	0,25
8	0,26	0,34	0,43	0,433
9	0,15	0,25	0,258	0,31
10	0,25	0,358	0,425	0,44

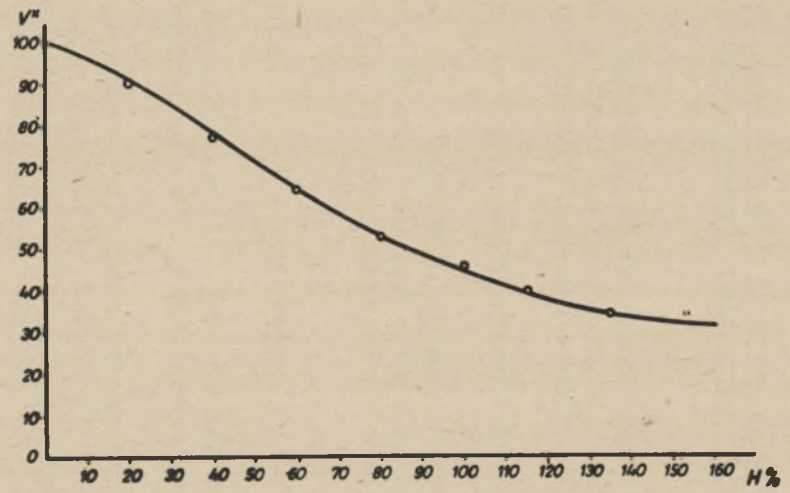
Tablica 5

Wartość V^x w zależności od grubości warstwy

H %	20	40	60	80	100	120	140
V^x %	91	78	65	54	46	40	35



Rys.4. Prędkości obliczone wzorem 2, 3, 4, w zależności od wskaźnika podrzutu



Rys.5. Wartość współczynnika V^x w zależności od grubości warstwy H