

Henryk OLEJNICZAK, Zbigniew PIĄTKIEWICZ

Instytut Odlewnictwa
Politechnika Śląska

NIEKTÓRE PROBLEMY PRZEPIŁYU SFLUIDYZOWANEJ STRUGI PIASKU KWARCOWEGO

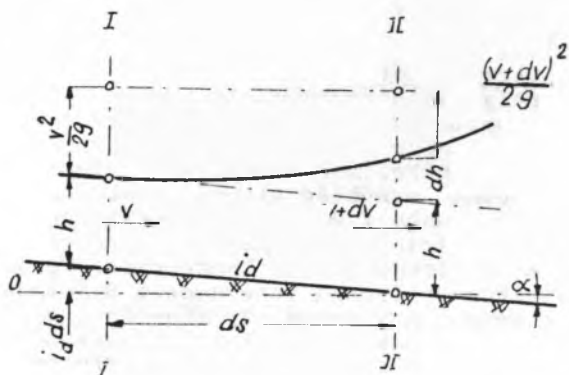
Streszczenie. W pracy przedstawiono podstawy teoretyczne przepływu cieczy w korytach otwartych. Wykorzystując hydrodynamiczne równanie ruchu nierównomiernego i zależności na energię rozporządzalną /całkowitą/ strumienia cieczy, wyznaczono krytyczną wysokość strugi, zakładając stałą szerokość kanału i optymalne, doświadczalnie wyznaczone objętościowe natężenie przepływu sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego. Tę obliczeniową wysokość krytyczną porównano z doświadczalnie wyznaczoną krytyczną wysokością sfluidyzowanej strugi. Wyznaczono empiryczną zależność prędkości przepływu materiału w rymnie fluidyzacyjnej od średniej wysokości strugi.

1. Wstęp

Wykorzystanie zjawiska fluidyzacji w procesach przemieszczenia sypkich materiałów znajduje coraz szersze zastosowanie. Przyczyną upowszechnienia transportu fluidyzacyjnego są przede wszystkim: niski koszt eksploatacyjny oraz prosta i tania konstrukcja urządzeń realizujących przemieszczanie suchych sypkich materiałów. Urządzenia, za pomocą których transportuje się grawitacyjnie "upłynnione" sypkie materiały, nazywamy rynnami fluidyzacyjnymi. Przepływ strugi dwufazowego układu gaz - ciało stałe w rynnach fluidyzacyjnych przez analogię porównać można z przepływem cieczy w korytach otwartych o prostokątnych poprzecznych przekrojach. Korzystając z uogólnionych równań hydromechaniki i badań doświadczalnych przepływu dwufazowego układu gaz - ciało stałe ze znaczną dokładnością potrafimy określić podstawowe parametry przepływu sfluidyzowanej strugi materiałów sypkich.

2. Podstawy teoretyczne przepływu cieczy w korytach otwartych

2.1. Równanie hydrodynamiczne ruchu nierównomiernego



Rys. 1. Odcinek przekroju wzdłużnego strugi cieczy [1] - przepływ nierównomierny.

Na rysunku 1 przedstawiono odcinek przekroju wzdłużnego strugi cieczy.

Przyjmując niezmiennosć poprzecznego przekroju, stałe pochylenie dna oraz uwzględniając warunek:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{dv}{ds},$$

otrzymamy równanie różniczkowe ruchu nieustalonego cieczy w przewodzie otwartym

$$gJ = \frac{R}{K^2} \cdot \frac{v^2}{R_h} = \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial s} \quad /1/$$

Dla ruchu ustalonego

$$\frac{\partial v}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial s} = \frac{dv}{ds}$$

wtedy:

$$J = \frac{1}{K^2} \cdot \frac{v^2}{R_h} = \frac{v}{g} \cdot \frac{dv}{ds}, \quad /2/$$

gdzie:

$$K = f(\lambda)$$

Dla ustalonego ruchu nierównomiernego spadek hydrauliczny

$$J = i_d - \frac{dh}{ds} \quad /3/$$

oraz

$$v \cdot h = \text{const} \quad /4/$$

Przez różniczkowanie równania /4/ względem s otrzymamy

$$\frac{dh}{ds} + h \frac{dv}{ds} = 0,$$

wtedy:

$$\frac{dv}{ds} = - \frac{v}{h} \frac{dh}{ds} \quad /5/$$

Z równań /2/ i /5/ otrzymamy po przekształceniu, że:

$$\frac{dh}{ds} = \frac{i_d - \frac{1}{k^2} \frac{v^2}{R_h}}{1 - \frac{v^2}{g \cdot h}} \quad /6/$$

Zależność /6/ jest podstawowym równaniem różniczkowym ruchu nierównomiernego cieczy w prostoosiowym otwartym kanale o niezmiennym przekroju przepływowym. Wyraz $\frac{dh}{ds}$ przedstawia zmianę wysokości warstwy strumienia przypadającą na jednostkę długości koryta.

A n a l i z a r ó w n a n i a /6/

- 1/ Jeżeli $\frac{dh}{ds} = 0$, to ruch cieczy jest równomierny i otrzymamy wtedy wzór de Chézy'ego /2/

$$v = \sqrt{J \frac{2g}{\lambda} \cdot R_h} \quad /7/$$

- 2/ Jeżeli licznik prawej strony równania /6/ jest dodatni, powierzchnia swobodna cieczy wznosi się, a linia jej przenikania z płaszczyzną równoległą do osi koryta tworzy krzywą spiętrzenia.
- 3/ Jeżeli licznik jest ujemny, wysokość strugi maleje w kierunku przepływu, a powierzchnia swobodna opada.

2.2. Energia rozporządzalna w przekroju przepływowym otwartego kanału

Zakładając, że mamy ustalony przepływ cieczy przez prostoosiowy kanał prostokątny o stałej szerokości, wtedy:

- przekrój przepływowy F jest jednoznacznie funkcją wysokości /głębokości/

$$F = f(h) \quad /8/$$

- średnia prędkość przepływu:

$$v = \frac{\dot{Q}_v}{F} = \frac{\dot{Q}_v}{b \cdot h} \quad /9/$$

Energia rozporządzalna /odniesiona do jednostki ciężaru/ strugi dla danego przekroju przepływowego jest sumą energii statycznej i energii kinetycznej

$$E = E_{st} + E_k \quad /10/$$

Energia statyczna w odniesieniu do jednostki ciężaru G wynosi:

$$E_{st} = \frac{G \cdot h}{G} = h, \quad /11/$$

a energia kinetyczna w odniesieniu do jednostki ciężaru

$$E_k = \frac{mv^2}{2} : G = \frac{\delta}{g} v \frac{v^2}{2} : \delta \cdot v = \frac{v^2}{2g} \quad /12/$$

Z równań /10/, /11/ i /12/ otrzymamy wzór określający energię rozporządzalną odniesioną do jednostki ciężaru płynącej cieczy

$$E = h + \frac{v^2}{2g} \quad /13/$$

Wstawiając do równania /13/ zależność /9/ otrzymamy, że:

$$E = h + \frac{1}{b^2 \cdot h^2} \cdot \frac{\dot{Q}_v^2}{2g}. \quad /14/$$

Dla ruchu ustalonego, gdzie $\dot{Q}_v = \text{const}$, a przekrój przepływowy jest wyłączną funkcją wysokości /głębokości/, energia rozporządzalna strugi jest wyłączną funkcją wysokości strugi.

$$E = f /h/ \quad /15/$$

Analizując funkcję $E = f /h/$ otrzymamy, że

$$\text{dla } h \longrightarrow 0 \quad F \longrightarrow 0 \quad E \longrightarrow \infty$$

$$\text{dla } h \longrightarrow \infty \quad F \longrightarrow \infty \quad E \longrightarrow \infty$$

Dla wszystkich wartości h zawartych w granicach $0 < h < \infty$ wartość energii rozporządzalnej jest skończona

i dodatnia dlatego dla jakiejś wartości h_{kr} , zwanej wysokością krytyczną, ma ona wartość minimalną.

Obliczając pochodną równania /14/

$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{2}{b^2 h^3} \frac{\dot{Q}_v^2}{2g} \quad /16/$$

i przyrównując ją do zera otrzymamy:

$$\dot{Q}_v = b \cdot h_{kr} \sqrt{g \cdot h_{kr}} \quad /17/$$

Z tej zależności obliczamy krytyczną wysokość /głębokość/ i krytyczną prędkość przepływu strumienia cieczy

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{\dot{Q}_v^2}{b^2 \cdot g}} \quad /18/$$

$$v_{kr} = \sqrt{b \cdot h_{kr}} \quad /19/$$

Przekształcając wzór /19/ otrzymamy krytyczną liczbę podobieństwa Froude'a:

$$Fr_{kr} = \frac{v^2}{gh} = 1. \quad /20/$$

Energia rozporządzalna płynącej strugi cieczy w kanale otwartym osiąga minimum, gdy liczba Froude'a jest równa jedności.

Jeżeli z równania /13/ wyznaczmy średnią prędkość przepływu

$$v = \sqrt{2g / E-h/} \quad /21/$$

i wstawimy do równania /9/, to natężenie przepływu będzie równe:

$$\dot{Q} = bh \sqrt{2g/E-h/} = b \sqrt{2g / Eh^2-h^3/}.$$

Zakładając, że natężenie przepływu jest zmienne, osiąga ono maximum, gdy wyrażenie Eh^2-h^3 osiąga minimum

$$\frac{d/Eh^2-h^3/}{dh} = 2Eh-3h^2 = 0 \quad /22/$$

Stąd wartość energii rozporządzałnej

$$E = \frac{3}{2} h_{kr}, \quad /23/$$

dla której Q osiąga wartość największą

$$\dot{Q}_{max} = b \cdot h_{kr} \sqrt{g h_{kr}}. \quad /24/$$

Porównując równania /13/ i /23/ otrzymamy:

$$\frac{3}{2} h_{kr} = h_{kr} + \frac{v_{kr}^2}{2g}, \quad /25/$$

wtedy:

$$h_{kr} = \frac{v_{kr}^2}{2g}, \quad /26/$$

a liczba Froude'a wynosi:

$$Fr_{kr} = \frac{v_{kr}^2}{g \cdot h_{kr}} = 1. \quad /27/$$

Równanie pozwala na stwierdzenie, że natężenie przepływu osiąga maximum dla tej samej wysokości /głębokości/, przy której energia całkowita osiąga minimum.

Gdy liczba Froude'a $Fr < 1$, wtedy przepływ jest spokojny, a gdy $Fr > 1$, przepływ jest rwący /4/.

3. Badania własne

3.1. C e l i z a k r e s b a d a ń

Celem pracy było:

- określenie takiego masowego natężenia Q_{op} przepływu strumienia sfluidyzowanego piasku kwarcowego /optymalnego/, któremu odpowiada najmniejsze zużycie energii przy stałym pochyleniu rynny fluidyzacyjnej $\alpha = \text{const}$, stałej wysokości zasypowego przekroju kanału transportowego $z = \text{const}$ dla zmiennej prędkości przepływu powietrza doprowadzonego do kanału powietrznego,
- graficzne przedstawienie teoretycznej funkcji wysokości sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego od energii położenia, energii kinetycznej i całkowitej tej strugi dla jej optymalnego masowego natężenia przepływu \dot{Q}_{vop} ,
- empiryczne wyznaczenie zależności prędkości przepływu sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego od średniej wysokości warstwy przy zmiennej wysokości przekroju zasypowego, zmiennym kącie pochylenia rynny fluidyzacyjnej i stałej optymalnej prędkości przepływu powietrza,
- matematyczne opracowanie eksperymentalnych wyników badań.

3.2. S t a n o w i s k o d o ś w i a d c z a l n e

3.2.1. R y n n a f l u i d y z a c y j n a

Badania niektórych dynamicznych parametrów przepływu sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego przeprowadzono na laboratoryjnym stanowisku doświadczalnym. Zasadniczą częścią stanowiska stanowi rynna fluidyzacyjna. Kanał transportowy o stałym przekroju poprzecznym szerokości $b=0,05$ m i wysokości $h = 0,4$ m oraz długości 3 m wykonany jest ze szkła organicznego. Kanał powietrzny o przekroju $0,05 \times 0,05$ m wykonano z blachy profilowanej o grubości $2,10^{-3}$ m.

Zbiornik zasilający kanał transportowy ma kształt pryzmatyczny. Jego dolny otwór wysypowy ma wymiary $0,07 \times 0,05 \text{ m}$. Skrzynia powietrzna pod zbiornikiem zasilającym i kanał powietrzny są niezależnie zasilane sprężonym powietrzem. Wkładka porowata zamykająca od góry skrzynię powietrzną nachylona jest do poziomu pod kątem który odpowiada wewnętrznemu kątowi tarcia transportowanych materiałów sypkich. Rynna nachylona jest do poziomu pod kątem $\alpha = 2^\circ$. Szczegółowy opis podano w pracach [5 ÷ 7] .

3.2.2. Aparatura kontrolno - pomiarowa

Powietrze podawane było do kanału i skrzyni powietrznej przez układ automatycznej regulacji /UAR/ ciśnienia i natężenia przepływu powietrza. Zasadniczymi elementami tego układu są: przetworniki ciśnienia i różnicy ciśnień, zawory regulacyjne, regulator pneumatyczny PID i PD, kryza ISA z pomiarem przytarczowym, pneumatyczny rejestrator dwukanałowy z ciągłym zapisem.

Układ pomiarowy statycznych i dynamicznych wielkości jest ponadto wyposażony w manometry cieczowe, wskaźniki ciśnienia, rotometr, wagę pełnouchylną, przekaźnik czasowy, aparat fotograficzny, barometr rtęciowy, wilgotnościomierz wskazująco-rejestrujący.

3.3. Wyniki pomiarów i obliczenia

Wyniki pomiarów podane są w pracach [5 ÷ 7] . Obliczenia zostały wykonane za pomocą Elektronicznej Maszyny Cyfrowej typu WANG 2200 według specjalnie opracowanego programu w języku BASIC.

Wyniki obliczeń energii położenia, kinetycznej i całkowitej, oraz odpowiadające im liczby Frouda podano w tablicy 1. Wartości te zostały obliczone dla optymalnego objętościowego natężenia przepływu $\dot{Q}_{\text{vop}} = 3,845 \text{ m}^3/\text{h}$ sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego.

Tablica 1

Wyniki obliczeń energii położenia, kinetycznej i całkowitej /rozprzędzalnej/ sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego

h 10^{-3} m	v m/s	$v^2/2g$ m	$h+v^2/2g$ m	Fr
14	3,42	0,596	0,61	85,16
28	1,71	0,149	0,171	10,64
42	1,1428	0,068	0,11	3,17
56	0,857	0,0374	0,0934	1,33
70	0,6057	0,0239	0,0939	0,684
84	0,5714	0,0166	0,1006	0,3962
98	0,4897	0,0122	0,1146	0,2494
112	0,4285	0,0093	0,1183	0,167
136	0,3529	0,0063	0,1423	0,093
140	0,3428	0,0059	0,1459	0,085
154	0,3117	0,0049	0,1589	0,064
168	0,2857	0,0042	0,1722	0,049

Wyniki pomiarów i obliczeń dynamicznych parametrów przepływu sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego przy stałej prędkości przepływu powietrza i zmiennej wysokości przekroju zasypowego kanał transportowy rynny fluidyzacyjnej przy jej pochyceniach $\alpha = 0,1$ i 2 stopnie podano w pracy [7] .

4. Dyskusja

Wyniki badań i obliczeń można ogólnie przedstawić za pomocą funkcji:

$$\begin{aligned} f / \dot{Q}, E_t, \alpha / &= 0, \\ f / E, h, h_v / &= 0, \\ f / f_m, h_{sr}, \alpha / &= 0. \end{aligned}$$

Wyżej podanym zależnościom na podstawie [3] matematycznego opracowania eksperymentalnych wyników badań przypisano funkcje standardowe w postaci:

$$y = B_0 + B_1 x + B_2 x^2 + B_3 x^3 + B_4 x^4 + B_5 x^5,$$

$$y = A \cdot e^{B \cdot x},$$

$$y = A \cdot x^B$$

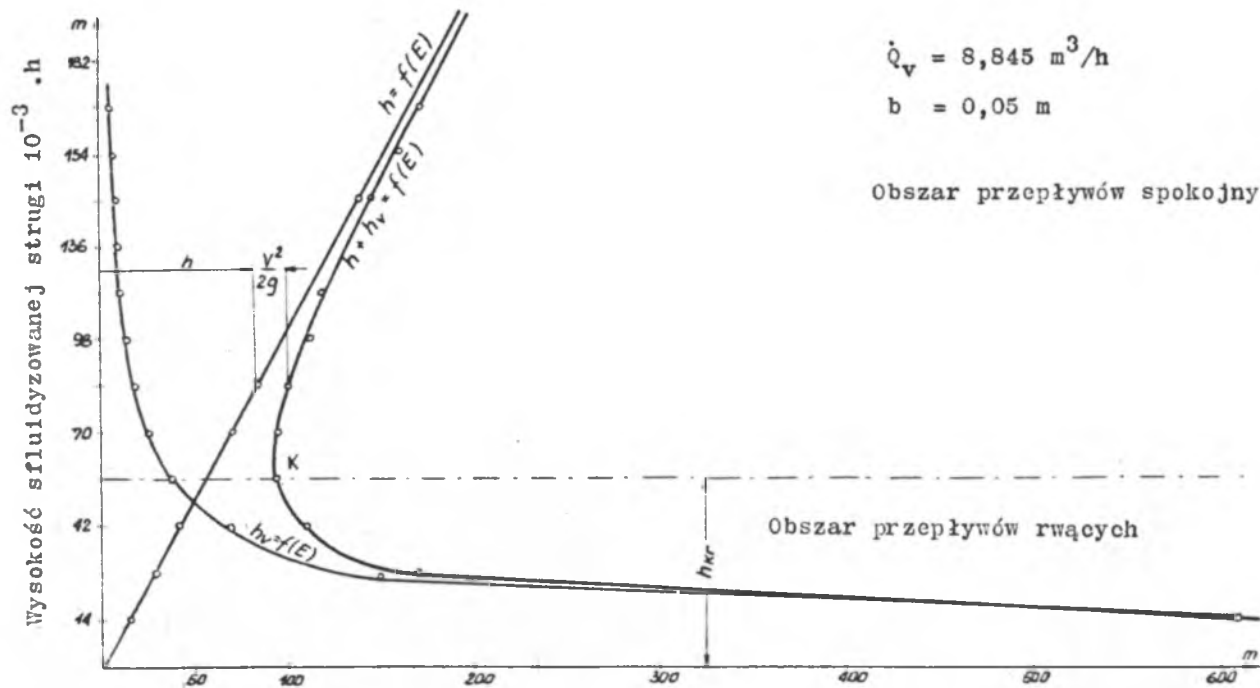
Parametry funkcji wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów. Kryterium wyboru jednej z trzech postaci funkcji jest: współczynnik korelacji ρ_k , średnie odchylenie standardowe, uproszczone liczenie. Zbiór danych: masowe natężenie przepływu sfluidyzowanego piasku kwarcowego \dot{Q} , zużycie energii przypadające na jeden megagram przetransportowanego materiału E_t przy kącie $\alpha = 2^\circ$ /dwa stopnie / umożliwił znalezienie funkcji $E_t = 1086,8 - 1196\dot{Q} + 533\dot{Q}^2 - 112\dot{Q}^3 + 11,3\dot{Q}^4 - 0,435\dot{Q}^5$ kJ/Mg.

Współczynnik korelacji dla tej funkcji wynosi $\rho_k = 0,99$ a odchylenie standartowe $\sigma = 16,21$.

Z empirycznej funkcji f/\dot{Q} , $E_t/\alpha = 0$ wyznaczono optymalne objętościowe natężenie przepływu materiału $\dot{Q} = 8,845 \text{ m}^3/\text{h}$ przy prędkości przepływu powietrza $v = 45,10^{-3} \text{ m/s}$ i ciśnieniu w kanale powietrznym $p = 25 \text{ mmHg}$ / $p = 3,333 \text{ kN/m}^2$.

Optymalne objętościowe natężenie przepływu sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego 1K 0,16/0,10/0,20 J91-1350 i szerokości kanału transportowego $b = 0,05 \text{ m}$, to dane wyjściowe niezbędne przy przedstawieniu graficznej postaci funkcji wysokości sfluidyzowanej strugi od energii położenia, kinetycznej i całkowitej, strugi piasku kwarcowego f/h , h_v , $E/ = 0$.

Funkcja ta, na podstawie wyników obliczeń w tabeli 1 została przedstawiona na rys.2.



$$\dot{Q}_v = 8,845 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$b = 0,05 \text{ m}$$

Obszar przepływów spokojnych

Obszar przepływów rwących

rys.2. Wykres zależności energii położenia, energii kinetycznej i energii całkowitej od wysokości sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego 1K 0,16/0,10/0,20 J91-1350

Krzywe na rysunku 2 obrazują zjawiska energetyczne zachodzące podczas przepływu sfluidyzowanej strugi materiału sypkiego w otwartych kanałach transportowych /przez analogię do cieczy/ rynien fluidyzacyjnych. Krzywą energii całkowitej $E = E_{st} + E_k$, zwaną krzywą energii rozporządzalnej, otrzymujemy sumując odcięte wysokości prędkości /hyperbola/ i położenia /prosta o współczynniku 1/, czyli $h + h_v = f / E$.

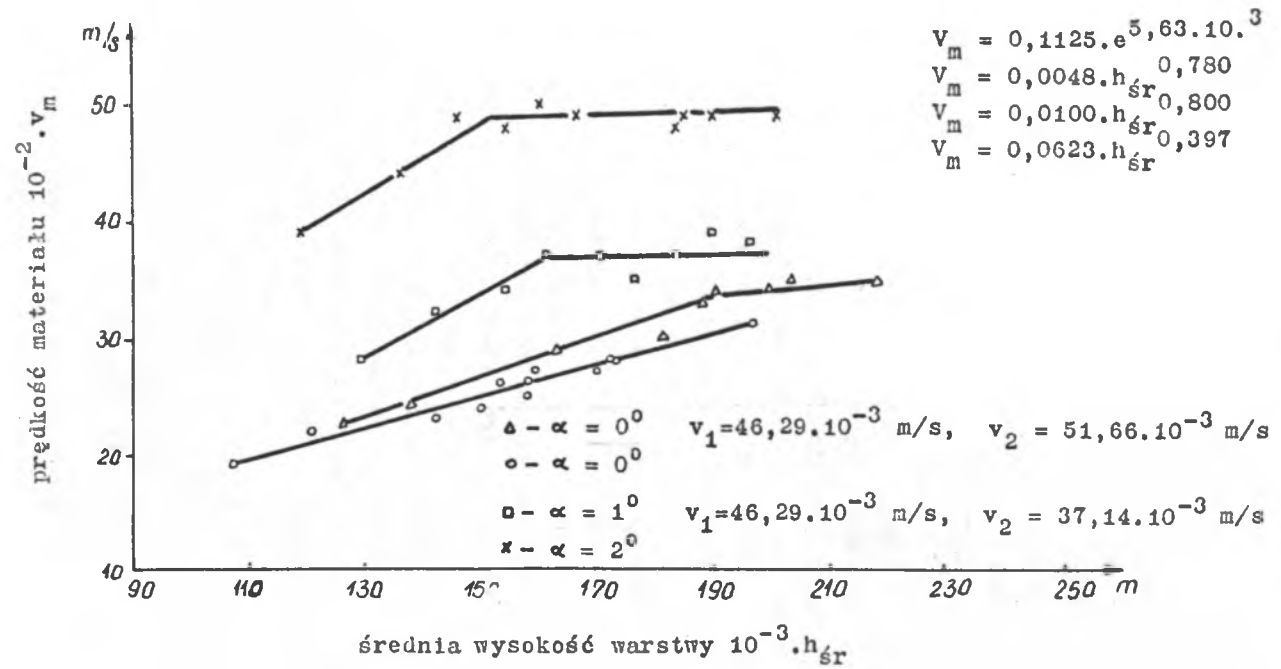
Energia rozporządzalna E osiąga w punkcie K minimum. Rzędna punktu K przedstawia wysokość krytyczną $h_{kr} = 0,56 \cdot 10^{-3}$ m strugi sfluidyzowanego piasku kwarcowego. Powyżej wysokości krytycznej mamy do czynienia z obszarem przepływów spokojnych a poniżej z obszarem przepływów rwących; jest to zgodne z równaniem /20/.

Wysokość krytyczna warstwy, która pozwala na ocenę charakteru przepływu cieczy wg kryterium J.L.Lagrange'a, została wyznaczona doświadczalnie.

Przy stałej prędkości przepływu powietrza $v = \text{const}$, zmieniając wysokość przekroju zasypowego $z = \text{var}$, zmieniło się średni promień hydrauliczny przepływającej strugi sfluidyzowanych materiałów sypkich. Promień hydrauliczny R_h przy stałej szerokości rynny fluidyzacyjnej zależy wyłącznie od wysokości dynamicznej warstwy h . Na rys. 3 przedstawiono zależność prędkości materiału v_m od średniej wysokości h_{sr} . Okazuje się, że od pewnych średnich wartości wysokości dynamicznej strugi prędkość materiału prawie nie rośnie i można przyjąć ją jako wartość stałą. Zjawisko to można wyjaśnić w oparciu o formułę do Chezy'ego dla ustalonego ruchu równomiernego przepływu

$$v_m = \sqrt{\frac{2g}{\lambda_f} \frac{4}{U} F \cdot \text{tg}(\alpha + \alpha_1)} \quad /28/$$

Od pewnych krytycznych wysokości warstwy fluidalnej stosunek przekroju poprzecznego warstwy F do obwodu zwilżonego U przyjmuje wartości niewiele rosnące, a wartości oporu przepływu też niewiele wzrastają. Stąd można przyjąć, że stosunek promienia hydraulicznego R_h do współczynnika oporu przepływu λ_f ma wartość stałą,



Rys.3. Prędkość strugi materiału v_m w zależności od średniej wysokości warstwy h_{sr}

a więc i prędkość materiału v_m będzie stała. Wtedy średnia prędkość materiału v_m będzie wyłącznie zależęć od spadku hydraulicznego /tj. $\text{tg}(\alpha + \alpha_1)$ /. Jak wykazały badania, doświadczalnie wyznaczona wysokość krytyczna warstwy h_{gr} sfluidyzowanej strugi jest prawie trzykrotnie większa od obliczonej wysokości krytycznej /rys. 2 i 3 /.Przyczynami tej tak znacznej różnicy obliczonej i wyznaczonej doświadczalnie krytycznej wysokości są: tarcie wewnętrzne sfluidyzowanej strugi materiału, opory przepływu, wpływ wysokiej warstwy materiału w zbiorniku zasilającym, występujące zjawisko pęcherzykowania na końcu strugi /mała wysokość strugi/. Z tych powodów należy doświadczalnie wyznaczyć współczynniki, które uwzględniałyby te wszystkie parametry. Dla zależności $v_m = f /h_{\text{gr}} /$ najodpowiedniejszymi empirycznymi funkcjami są:

$$V_m = 4,8 \cdot 10^{-3} \cdot h_{\text{gr}}^{0,78} \quad \text{m/s} \quad \text{dla } \alpha = 0^\circ,$$

$$V_m = 10^{-2} \cdot h_{\text{gr}}^{0,69} \quad \text{m/s} \quad \text{dla } \alpha = 1^\circ,$$

$$V_m = 6,23 \cdot 10^{-2} \cdot h_{\text{gr}}^{0,397} \quad \text{m/s} \quad \text{dla } \alpha = 2^\circ,$$

dla stałej prędkości czynnika fluidyzacyjnego

$$v = 37,14 \cdot 10^{-3} \text{ m/s.}$$

Wstawiając odpowiednie wartości do równania /6/ stwierdzamy, że licznik ma wartość mniejszą od zera, co oznacza, że wysokość strugi maleje w kierunku przepływu a powierzchnia swobodna opada.

5. Wnioski

Dyskusja nad wynikami badań i obliczeń pozwala na zaproponowanie następujących wniosków :

- dla danego kąta pochylenia rynny fluidyzacyjnej i odpowiedniej prędkości przepływu powietrza istnieje takie masowe natężenie przepływu materiału sypkiego, przy którym zużywa się minimum energii;

- wyznaczona dla danego optymalnego masowego natężenia przepływu materiału graficzna postać teoretyczna funkcji energii rozporządzalnej od wysokości sfluidyzowanej warstwy pozwala ustalić charakter przepływu,
- powyżej doświadczalnie wyznaczonej średniej krytycznej wysokości sfluidyzowanej strugi, prędkość przepływu materiału można uznać za stałą, przy stałej prędkości przepływu powietrza i zmiennej wysokości przekroju zasypowego.

Oznaczenia

b	- szerokość kanału rynny fluidyzacyjnej lub przewodu otwartego	m
E	- energia całkowita /rozporządzalna/ sfluidyzowanej strugi materiału /cieczy/ odniesiona do jednostki ciężaru	m
E_{st}	- energia statyczna /położenia/ strumienia cieczy odniesiona do jednostki ciężaru	m
E_v	- energia kinetyczna strumienia cieczy odniesiona do jednostki ciężaru	m
F	- przekrój przepływowy	m^2
G	- ciężar jednostkowy cieczy	N
g	- przyspieszenie ziemskie	$m \cdot s^{-2}$
h	- wysokość strugi cieczy /materiału/	m
h_{kr}	- krytyczna wysokość strugi cieczy /sfluidyzowanego materiału/	m
h_{sr}	- średnia wysokość strugi cieczy /sfluidyzowanego materiału	m
i_d	- spadek niwelacyjny dna strugi	
J	- spadek hydrauliczny	
K_p	- współczynnik ciśnienia powietrza w kanale powietrznym	$m^{1/2} \cdot s^{-1}$
\dot{Q}	- masowe natężenie przepływu sfluidyzowanej strugi materiału	$kg \cdot s^{-1}$
\dot{Q}_{op}	- optymalne masowe natężenie przepływu sfluidyzowanej strugi materiału	$kg \cdot s^{-1}$

\dot{Q}_{opv}	- optymalne objętościowe natężenie przepływu sfluidyzowanej strugi materiału	$m^3 \cdot s^{-1}$
r_h	- promień hydrauliczny	m
s	- długość strugi cieczy	m
t	- czas przepływu	s
v	- prędkość przepływu sfluidyzowanego materiału /cieczy/	$m \cdot s^{-1}$
v_{kr}	- krytyczna prędkość przepływu cieczy	$m \cdot s^{-1}$
v_m	- prędkość przepływu sfluidyzowanego materiału	$m \cdot s^{-1}$
v_1	- prędkość powietrza wypływająca ze skrzyni powietrznej pod zbiornikiem z materiałem sypkim	$m \cdot s^{-1}$
v_2	- prędkość powietrza wypływającego z kanału powietrznego	$m \cdot s^{-1}$
v	-objętość	m^3
α	- kąt pochylenia rynny fluidyzacyjnej	rd
δ	- ciężar właściwy	$N \cdot m^{-3}$
λ	- współczynnik liniowy oporu	-
ρ_k	- współczynnik korelacji	-
σ	- odchylenie standardowe	-
Fr	- liczba Frouda	

LITERATURA

- [1] L.Prandtl: Dynamika przepływów, PWT, Warszawa 1956
- [2] S.Ochęduszek: Termodynamika stosowana, WNT, Warszawa 1967.
- [3] L.Z.Rumszycki: Matematyczne opracowanie wyników eksperymentu, WNT, Warszawa 1973.
- [4] J.M.Razumow: Psjewdoożiżnienie i pneomatransport sypuczich materiałów, Izdatielatwo "Chimija", Moskwa 1967.
- [5] H.Olejniczak, Z.Piątkiewicz, H.Szlumczyk: Transport aeracyjny piasku kwarcowego, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Mechanika z.54, 1975.

- [6] H. Olejniczak, Z. Piatkiewicz: Dynamiczne parametry przepływu sfluidyzowanej strugi piasku kwarcowego. Materiały Konferencyjne nt. " Tendencje Rozwojowe Współczesnej Technologii Odlewniczej", Częstochowa, wrzesień 1976.
- [7] H. Olejniczak: Wpływ niektórych parametrów geometrycznych przenośnika aeracyjnego na dynamikę przepływu piasków kwarcowych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, 1975.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕЧЕНИЯ ФЛЮИДИЗИРОВАННОЙ СТРУИ
КВАРЦЕВОГО ПЕСКА

Р е з ю м е

Работа является попыткой отыскания аналогии между течением жидкости и течением флюидизированной струи сыпучего материала. Оговорено эмпирические результаты испытаний некоторых динамических параметров течения сыпучего материала в флюидизационном лотке. Результаты расчётов представлено в виде эмпирических функций, которые могут быть использованы при проектировании флюидизационных лотков.

CERTAIN PROBLEMS CONNECTED WITH THE FLOW
OF FLUIDIZED STREAM OF THE QUARTZ SAND

S u m m a r y

This paper attempts to find the analogy between the flow of a liquid body and a flow of the fluidized stream of the loose material.

The experimental results of investigations of certain dynamic parameters of the loose material flow in the fluidized trough have been discussed.

The results of calculation have been shown in form of empirical functions which may be used in designing of the fluidized troughs.