

WIBRACYJNY DOZOWNIK SITOWY. CZ. 2. WYSYP ILOŚCIOWY NASION

Wojciech Poćwiardowski, Joanna Kaniewska, Marek Domoradzki

Katedra Technologii i Aparatury Przemysłu Chemicznego i Spożywczego,

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie. W pracy badano wibracyjny sitowy dozownik ilościowy. Obliczenia prowadzono dla ilości sztuk dozowanych nasion. Do regulacji dozowania zastosowano przesłonę zmniejszającą powierzchnię czynną sita do 0,15; 0,30; 0,45; i 1,00 całkowitej czynnej powierzchni sita. Wyznaczono równanie opisujące prędkość nasion w otworze wysypowym w $\text{szt} \cdot \text{s}^{-1}$. Stwierdzono że prędkość nasion w otworze $U = 7,32 \cdot 10^8 \cdot d^{0,3}$ zależy od średnicy otworu w potęgde 0,3. Ilościowe natężenie dozowania liczone w sztukach nasion zależy od średnicy otworu sita, powierzchni sita, prześwitu i przesłonięcia sita:

$$N = 7,32 \cdot 10^8 \cdot d_0^{2,3} \cdot Q \cdot P \cdot \left(\frac{D}{d_o} \right)^2 \text{ dla } 1,2 \leq d_o \leq 2,2 \quad [\text{mm}]$$

Słowa kluczowe: dozownik ilościowy nasion

Wykaz oznaczeń:

- N – ilościowe natężenie wysypu [$\text{szt} \cdot \text{s}^{-1}$],
- L – licznosc nasion [$\text{szt} \cdot \text{g}^{-1}$],
- U – prędkość nasion w otworze wysypowym [$\text{szt} \cdot \text{s}^{-1} \text{ otw.}^{-1}$]

Pozostałe użyte w opracowaniu oznaczenia zamieszczono w Części 1.: Wysyp masowy nasion, s. 205-213.

Wstęp

Dozowniki służą do równomiernego w czasie i/lub powierzchniowo podawania materiałów sypkich. W technologii często wymagane jest dozowanie wykalibrowanego materiału, głównie w liniach produkcyjnych, w których wymaga się precyzyjnego dozowania określonej ilości sztuk ziaren o ściśle określonych wymiarach na jednostkę powierzchni przesuwającej się taśmy.

Dobrym przykładem w technologii spożywczej jest posypywanie przez sito herbatników cukrem, paluszków solą czy ciast posypką w postaci maku, mielonych orzechów, czarnuszki lub granulowanej czekolady. W warunkach zakładu rzemieślniczego proces ten

wykonuje się ręcznie przy pomocy sita, bacząc na równomierność pokrycia powierzchni wyrobu.

Dla dozownika sitowego można napisać równanie ilościowego natężenia wysypu w sztukach nasion, które jest równe iloczynowi strumienia masowego i liczności danej frakcji dozowanego materiału.

$$N = W \cdot L, \quad [\text{szt} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

Dzieląc obydwie strony równania przez liczbę oczek na powierzchni sita otrzymamy wzór na prędkość ilościową wysypu liczoną w sztukach ziaren, które przeszły przez jedno oczko sita w jednostce czasu:

$$U = \frac{N}{n_s} = \frac{W \cdot L}{n_s}, \quad [\text{szt} \cdot \text{s}^{-1} \text{ otw.}^{-1}] \quad (2)$$

Zakładając, że prędkość nasion w otworze sita można opisać zależnością:

$$U = A \cdot d_o^n \quad (3)$$

otrzymuje się
$$N = U \cdot n_s, \quad [\text{szt} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (4)$$

Przesłaniając sito i wyznaczając stosunek powierzchni czynnej sita do powierzchni całkowitej (współczynnik odsłonięcia sita) przez Q ilość czynnych otworów wysypowych sita oblicza się następująco:

$$n_{cz} = \frac{Q \cdot P \cdot F}{f_o} \quad (5)$$

Po podstawieniu powyższej zależności do równania (4) ilościowe natężenie wysypu przedstawia się następująco:

$$N = U \cdot Q \cdot P \cdot \frac{D^2}{d_o^2}, \quad [\text{szt} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (6)$$

Problem przy projektowaniu dozownika sitowego jest nieznanosc wartości parametrów A i n w równaniu prędkości przejścia nasion przez sito zgodnie z zależnością (3).

Cel pracy i zakres badań

Celem pracy było sprawdzenie czy równanie (3) dobrze opisuje zależność prędkości przepływu nasion przez otwór sita w funkcji średnicy tego otworu i znalezienie wartości A i n . Badania przeprowadzono na nasionach marchwi. W badaniach zastosowano dozownik wibracyjny.

Materiały

Do badań użyto sit o średnicy otworów od 1,2 do 2,2 mm oraz nasion marchwi rozdzielonych na poszczególne frakcje: 1,0-1,2; 1,2-1,4; 1,4-1,6; 1,6-1,8; 1,8-2,0 oraz 2,0-2,2 mm.

Tabela 1. Właściwości frakcji sitowych użytych nasion marchwi
 Table 1. Properties of carrot seed sieve fractions used

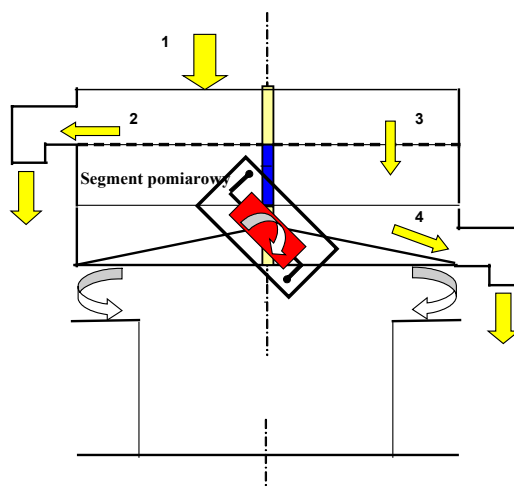
Frakcja nasion [mm]	Masa 1000 szt. Nasion [g]	Liczność nasion [szt·g ⁻¹]
1,0-1,2	0,650	1538
1,2-1,4	0,750	1333
1,4-1,6	0,900	1111
1,6-1,8	1,000	1000
1,8-2,0	1,220	820
2,0-2,2	1,321	757

Liczność nasion zależy od średniej średnicy frakcji i dla badanych nasion marchwi jest dana równaniem:

$$L = 0,7124 \cdot d_z^{-1,13}, \text{ [szt. g}^{-1}\text{]}, \text{ dla } 0,0011 < d_z < 0,0021 \text{ [m]} \quad R^2 = 0,9901 \quad (7)$$

Aparatura

Do badań dozownika zastosowano części konstrukcyjne przesiewacza wibracyjnego. Na metalowej podstawie przesiewacza wspartej na 12 sprężynach zamontowano sito. Nadmiar materiału z sita jest odprowadzany do zbiornika. Urządzenie pracowało przy kącie ustawienia wibratorów bocznych równym 45° w stosunku do poziomu i częstotliwości drgań 1500 (min)⁻¹. Pod sitem zamontowano ruchomą przesłonę. Umożliwiła ona badania dozowania nasiona przy różnych powierzchniach czynnych sita. Materiał dozowany sphywał przez lej do odbieralnika.



Rys. 1. Dozownik wibracyjny sitowy do nasion (1 – doprowadzenie nasion, 2 – transport materiału wzdłuż sita, 3 – przesyp przez sito, 4 – ruch materiału do wysypu)

Fig. 1. Vibration type sieve batcher for seeds (1 – seeds feed, 2 – material transport along the sieve, 3 – pour through sieve, 4 – material movement towards pour out hole)

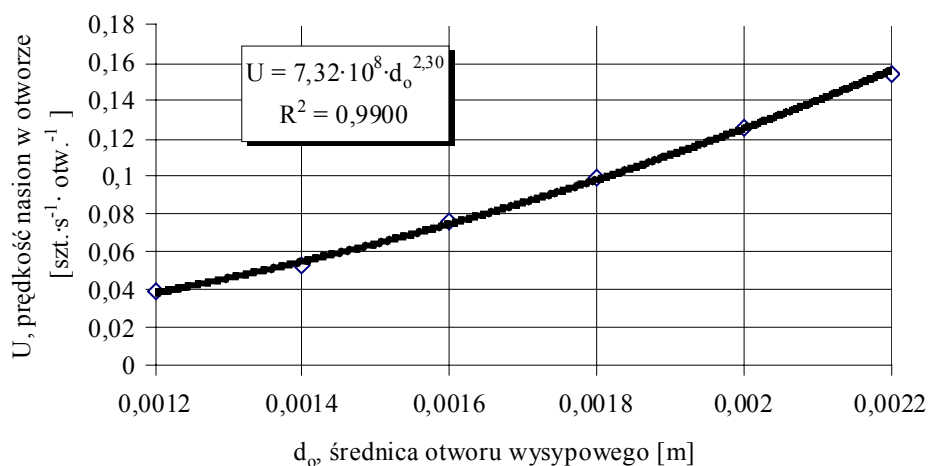
Metodyka badań

Po zamocowaniu sita w nadstawce pierścieniowej wsypywano stopniowo ok. 5 kg nasion marchwi, uruchamiano wibratory i pomiar czasu. Pomiar kończono w momencie przesypu ok. 3 kg nasion. Wysokość warstwy nasion na sicie wynosiła ok. 5 mm. Na podstawie masy nasion i czasu trwania przesiewania określano strumień masowy przesypu. Badania wykonano dla wszystkich wcześniej wymienionych frakcji. Do badań szybkości przejścia poszczególnych frakcji nasion przez otwór użyto sit okrągłych o średnicy 0,538 m i powierzchni $F=0,2272 \text{ m}^2$. Charakterystykę geometryczną zastosowanych sit przedstawiono w tabeli 2 zamieszczonej w Części 1.: Wysyp masowy nasion.

Wyniki

Mierzono masę nasion, która przeszła przez sito w określonym czasie, licznosc nasion i ilość otworów w sicie. Na tej podstawie obliczano prędkość ilościową nasion w otworze:

$$U = \frac{W \cdot L \cdot f_o}{Q \cdot P \cdot F}, \quad [\text{szt.} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{otw.}^{-1}] \quad (8)$$



Rys. 2. Zależność prędkości ilościowej nasion od średnicy otworu sita
Fig. 2. The relationship between quantitative velocity of seeds and sieve mesh diameter

Uzyskano zależność:

$$U = 7,32 \cdot 10^8 \cdot d_o^{2,3}, \quad [\text{szt.} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{otw.}^{-1}], \quad \text{dla } 0,0011 < d_o < 0,0021 \text{ [m]} \quad (9)$$

Badania dozownika sitowego wykonano dla kilku przesłonek powierzchni sita, dla których udział powierzchni czynnej sita, wolnej dla przesypu, były równe: $Q = 0,15, 0,30, 0,45, 1,00$. Wyniki badań przesypu dla poszczególnych przesłonek sita i obliczenia błędów pomiarów zebrano w tabeli 3 i przedstawiono na rysunku 3.

Przeprowadzony test t-studenta istotności współczynnika determinacji wyznaczonego równania (9) pozwala stwierdzić, że obliczona zależność strumienia masowego przesypu nasion od średnicy otworu wysypowego jest istotna przy $p < 0,05$, co świadczy o bardzo dobrym dopasowaniu równania danych do doświadczalnych.

Tabela 3. Ilościowe natężenie wysypu nasion przez sito dla danej frakcji

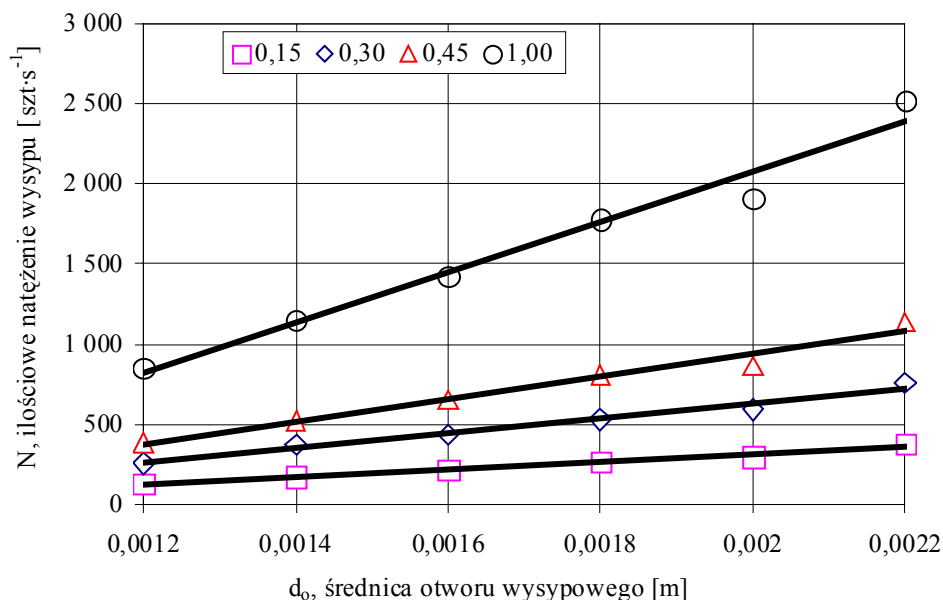
Table 3. Quantitative rate of seeds pour out through sieve for a given fraction

Lp.	d_0 [m]	L [szt·g ⁻¹]	N pomiar [szt·s ⁻¹]	N oblicz. [szt·s ⁻¹]	Błąd pomiaru [%]
1.1	0,0012	1 538	128,167	127,769	0,3
2.1	0,0014	1 333	170,328	178,013	-4,5
3.1	0,0016	1 111	216,028	210,846	2,4
4.1	0,0018	1 000	263,889	264,763	-0,3
5.1	0,002	820	296,111	286,928	3,1
6.1	0,0022	757	378,500	385,232	-1,8
1.2	0,0012	1 538	260,606	255,538	2,1
2.2	0,0014	1 333	370,278	356,026	3,8
3.2	0,0016	1 111	432,056	421,691	2,4
4.2	0,0018	1 000	527,778	529,525	-0,3
5.2	0,002	820	592,222	573,856	3,1
6.2	0,0022	757	757,000	770,464	-1,8
1.3	0,0012	1 538	380,228	383,307	-0,79
2.3	0,0014	1 333	518,389	534,038	-3,0
3.3	0,0016	1 111	648,083	632,537	2,4
4.3	0,0018	1 000	805,556	794,288	1,4
5.3	0,002	820	865,556	860,784	0,6
6.3	0,0022	757	1135,500	1155,696	-1,8
1.4	0,0012	1 538	897,167	851,794	5,3
2.4	0,0014	1 333	1147,861	1186,752	-3,4
3.4	0,0016	1 111	1419,611	1405,638	1,0
4.4	0,0018	1 000	1777,778	1765,084	0,7
5.4	0,002	820	1913,333	1912,854	0,0
6.4	0,0022	757	2523,333	2568,212	-1,8

Równanie (9) daje możliwość obliczenia ilościowego natężenia wysypu z dozownika wibracyjnego:

$$N = 7,32 \cdot 10^8 \cdot d_0^{2,3} \cdot Q \cdot P \cdot \left(\frac{D}{d_0}\right)^2, \text{ [szt·h}^{-1}\text{]}, \text{ dla } 0,0012 \leq d_0 \leq 0,0022 \text{ [m]} \quad (10)$$

Na podstawie uzyskanej zależności (10) wyznaczono wartości obliczone i błąd dopasowania równania do wyników, które przedstawiono w tabeli 3.



Rys. 4. Ilościowe natężenie wysypu w funkcji średnicy otworu sita
 Fig. 4. Quantitative pour out rate in function of sieve mesh diameter

Wnioski

1. Uzyskana zależność dobrze opisuje pracę wibracyjnego dozownika sitowego. Równanie sprawdza się przy stosowaniu sit o średnicy otworów w zakresie 1,2÷2,2 mm i przedstawia się następująco:

$$N = 7,32 \cdot 10^8 \cdot d_0^{0,3} \cdot Q \cdot P \cdot D^2, \text{ [szt} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}, \text{ dla } 0,0012 \leq d_0 \leq 0,0022 \text{ [m]}$$

2. Maksymalne odchylenia wartości mierzonej w stosunku do wartości obliczonej wynosi od <-2,4% do +3,8>.
3. Opracowane zależności przejścia nasion przez sita pozwalają na zaprojektowanie precyzyjnego dozownika wibracyjnego pracującego z dokładnością ok. ±4,0%.
4. Precyzyjny dozownik sitowy wymaga stosowania nasion kalibrowanych o średnicy niewiele mniejszej od średnicy otworów sita.
5. Należy rozważyć możliwość zastosowania wibracyjnego dozownika sitowego jako siewnika do nasion.

Bibliografia

- Błasiński H., Młodziński B.** 1971. Aparatura przemysłu chemicznego. WNT Warszawa.
- Ciborowski J.** 1965. Podstawy Inżynierii Chemicznej. WNT Warszawa.
- Domoradzki M., Weiner W., Korpala W.** 2004. Badania sprawności przesiewacza wibracyjnego. XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Postęp w Inżynierii Żywności”. Suwałki.
- Grochowicz J.** 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. AR Lublin. ISBN 83-901612-9-X
- Kanzleiter T.** 1971. Die Taumelsiebmaschine. Maschinendynamik und Guttransport. 3,7, Auber.-Tech.
- Koch R., Noworyta A.** 1998. Procesy mechaniczne w inżynierii chemicznej. Warszawa. ISBN 83-204-2262-0
- Planowski A. N., Ramm W. M., Kagan S. Z.** 1974. Procesy i aparaty w technologii chemicznej. WNT Warszawa.
- Schmidt P.** 1966. Taumelsiebmaschinen. 7. Aufber.-Tech.,
- Serwiński M.** 1971. Zasady inżynierii chemicznej. Operacje jednostkowe. WNT Warszawa.
- Wodziński P.** 1997. Przesiewanie i przesiewacze. Wyd. PŁ. Łódź. ISBN: 83-87198-06-4

VIBRATION TYPE SIEVE BATCHER P. 2. QUANTITATIVE POUR OF SEEDS

Abstract. A vibration type quantitative sieve batcher was examined in this work. Calculations were carried out for the number of batched seeds. A screen plate was used to control batching, which reduced the active sieve surface to 0.15; 0.30; 0.45 and 1.00 of its total surface. An equation specifying the seeds velocity in pcs. per sec. was determined. It has been observed that the seeds velocity in a hole sized $U = 7,32 \cdot 10^8 \cdot d^{0.3}$ depends on the hole diameter raised to the power of 0.3. Quantitative batching rate calculated in pieces of seeds depends on the sieve hole/mesh diameter, sieve area, clearance, and the covered sieve area percentage:

$$N = 7,32 \cdot 10^8 \cdot d_o^{2.3} \cdot Q \cdot P \cdot \left(\frac{D}{d_o} \right)^2 \text{ for } 1.2 \leq d_o \leq 2.2 \text{ [mm]}$$

Key words: quantitative seed batcher

Adres do korespondencji:

Wojciech Poćwiardowski; e-mail: wojciechpocwiardowski@wp.pl
Katedra Technologii i Aparatury Przemysłu chemicznego i Spożywczego
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
ul. Seminaryjna 3
85-326 Bydgoszcz