

BADANIA LABORATORYJNEGO DOZOWNIKA RYNNOWEGO NAPĘDZANEGO ELEKTROWIBRATOREM

Marek Domoradzki, Joanna Kaniewska, Wojciech Weiner
Katedra Technologii i Aparatury Przemysłu Chemicznego i Spożywczego
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie. Badano wydajność dozownika wibracyjnego napędzanego motowibratorem. Oceniono wpływ wysokości wyniesienia otworu wysypowego oraz częstości obrotów silnika wibracyjnego na wydajność dozowania nasion marchwi dozownika rynnowego. Wyznaczono współczynnik wypełnienia rynny przy różnych odległościach zasobnika od dna rynny. Współczynnik ten zmienia się liniowo wraz ze wzrostem wyniesienia. Wydajność dozowania nasion marchwi dozownikiem rynnowym może być regulowana wyniesieniem i w ten sposób dozownik podawałby dla wyniesienia 2 mm od 0,2 do 2 kg·h⁻¹, a dla wyniesienia 8 mm od 2 do 20 kg·h⁻¹.

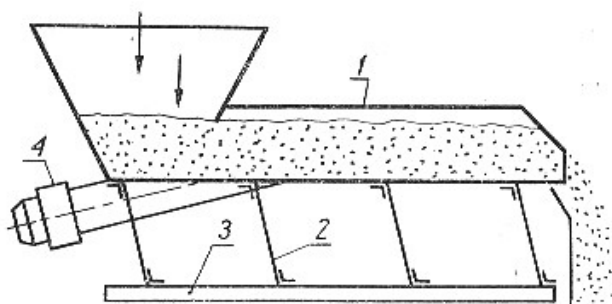
Słowa kluczowe: dozownik wibracyjny, dozownik dla nasion, elektrowibrator

Wprowadzenie

Dozowniki wibracyjne są odmianą dozowników wahliwych. Składają się one z kosza zasypowego, umieszczonej pod nim rynny i źródła wzbudzania drgań rynny (Błasiński i Młodziński, 1971). Rynna drgająca jest zamocowana na sprężystym zawieszeniu (rys. 1). Materiał dozowany przesypuje się z leja zasypowego do rynny. Drgająca rynna wykonuje ruch posuwisto-zwrotny w płaszczyźnie poziomej i dzięki temu materiał dozowany przesuwają się w kierunku ujścia.

Źródłem drgań rynny może być wibrator pneumatyczny lub elektryczny. W przypadku tego pierwszego częstość drgań rynny jest regulowana ciśnieniem powietrza podawanego do wibratora pneumatycznego. Gdy wibracje wywoływane są elektrowibratorem, wówczas ilość podawanego materiału regulowana jest częstotliwością prądu przez zmianę obrotów silnika (Blechman, 1970; Tardos i Lu, 1996). Wydajność dozowania oprócz częstości drgań rynny jest regulowana poprzez odległość otworu kosza zasypowego od dna rynny dozownika.

Dozowniki wibracyjne są precyzyjnymi urządzeniami zasilającymi. Zapewniają równomierne i precyzyjne doprowadzanie materiału (Wodziński i Dyr, 2002; Czubak, 1974; Dietrych, 1962; Olewski, 1955). Urządzenia takie stosuje się do doprowadzania materiałów sypkich, lecz nie wilgotnych i zbrylających się, o wymiarach do 50 mm. (Płanowski i in., 1974). Dozowniki rynnowe charakteryzują się prostą budową i m.in. dzięki temu znalazły one zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu spożywczego i rolnictwie (Budrys, 1974; Wodziński, 2009).



Rysunek 1. Schemat dozownika wibracyjnego: 1 – rynna, 2 – zawieszenie, 3 – rama nieruchoma, 4 – wibrator

Figure 1. Diagram of a vibrating dispenser: 1 – chute, 2 – suspension, 3 – fixed frame, 4 – vibrator

Wydajność Q_m dozowników wibracyjnych można obliczyć z zależności (Błasiński i Młodziński, 1971):

$$Q_m = \varphi \cdot b \cdot h \cdot n \cdot l_s \cdot \rho_u = \varphi \cdot f \cdot u \cdot \rho_u \quad (1)$$

gdzie:

- b – szerokość rynny (m),
- h – wysokość materiału w rynnie w pobliżu rury wysypowej (m),
- $f = b \cdot h$ – powierzchnia poprzeczna materiału w rynnie (m^2),
- u – prędkość liniowa materiału w rynnie ($m \cdot s^{-1}$),
- n – częstość drgań rynny (s^{-1}),
- l_s – skok rynny (m),
- ρ_u – gęstość usypowa materiału podawanego ($kg \cdot m^{-3}$),
- φ – współczynnik napełnienia (-).

Cel pracy

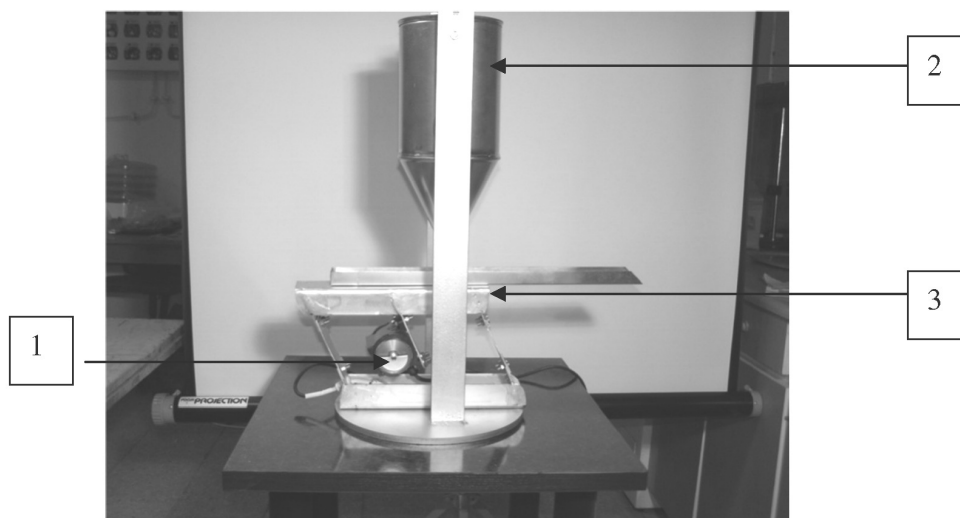
Celem pracy było określenie wpływu odległości otworu zasypowego od dna rynny dozownika, częstości obrotowej silnika elektrycznego oraz ilości przeciwwag w tym silniku na wydajność dozowania. Określono parametry pracy elektrycznego dozownika wibracyjnego z przeznaczeniem do zasilania ciągłego przesiewacza laboratoryjnego.

Aparatura

Badany dozownik wibracyjny, przedstawiony na rysunku 1, składał się z:

- wibratora elektrycznego (1) w postaci silnika jednofazowego z firmy Netter Vibration typ NEA 504 z niewyważonymi masami; jego maksymalna siła wymuszająca wibracje wynosi 40 N, moc silnika – 24 W;
- zbiornika zasypowego (2) o średnicy 155 mm i wysokości części cylindrycznej 200 mm; sumaryczna wysokość zbiornika wynosiła 390 mm z otworem wysypowym o średnicy $d=16,5$ mm.
- rynny dozującej (3) o wymiarach: szerokość $b=27$ mm, wysokość $h=28$ mm i długość $l=600$ mm.

Częstość drgań rynny wibracyjnej regulowano, zmieniając częstotliwość prądu elektrycznego w zakresie od 20 do 50 Hz. Wysokość wyniesienia otworu wysypowego ponad dno rynny ustawiano w zakresie od 2 do 10 mm.



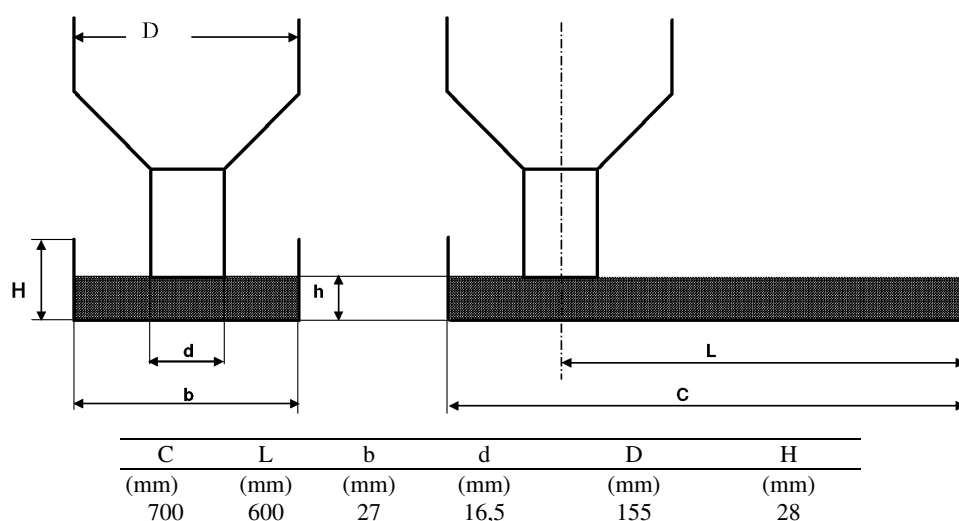
Rysunek 2. Wibracyjny dozownik elektryczny do nasion na stanowisku badawczym
Figure 2. Vibrating electric dispenser for seeds on the test stand

Materiały i metody

Do badań użyto nasion marchwi odmiany Perfekcja. Nasiona wcześniej rozdzielono w kalibratorze wielopokładowym. W badaniach wykorzystano frakcję nasion marchwi o wymiarach zawierających się między 1,6 mm a 1,8 mm.

Rynnę dozownika wypoziomowano. Zbiornik zasobowy ustawiono tak, aby oś zbiornika była prostopadła do płaszczyzny rynny. Następnie ustalano odległość otworu wysypowego

wego od dna rynny. Zbiornik zasypowy wypełniono nasionami marchwi. Przy pomocy stroboskopu firmy Netter ustalano rzeczywistą prędkość obrotową silnika wibratora. Po ustaleniu równomierności podawania mierzono prędkość ruchu nasion w rynnie. Prędkość oznaczano na podstawie przemieszczenia znacznika (krążka papieru) pomiędzy dwoma ustalonymi punktami w rynnie, odległymi o 0,25 m. Gdy przemieszczenie następowało w czasie krótszym niż 5 sekund, wyników nie uwzględniano. Dla określenia wydajności masowej dozownika rejestrowano masę nasion spływających z rynny w odmierzonej czasie przy różnych parametrach pracy dozownika.



Rysunek 3. Schemat i wymiary badanego dozownika

Figure 3. Diagram and dimensions of the researched dispenser

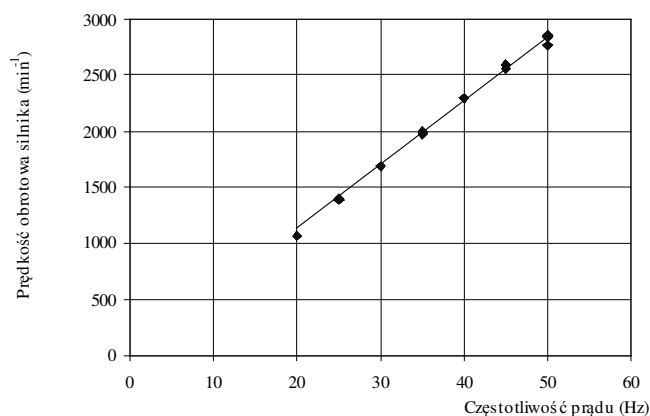
Pomiary powtarzano dla różnych parametrów pracy układu. Poniżej przedstawiono zmienne wielkości:

- wysokość wyniesienia (odległość otworu zasobnika od dna rynny dozownika): 2, 3, 5 i 8 mm;
- częstota prądu zasilającego silnik od 20 do 50 Hz;
- ilość niewyważ na osi silnika 2 oraz 4 na stronę, co odpowiada sile 20 N i 40 N.

Wyniki i ich omówienie

Na wstępie wyznaczono zależność prędkości obrotowej silnika n_s od częstotliwości prądu ω (rys. 4.), którą opisano równaniem:

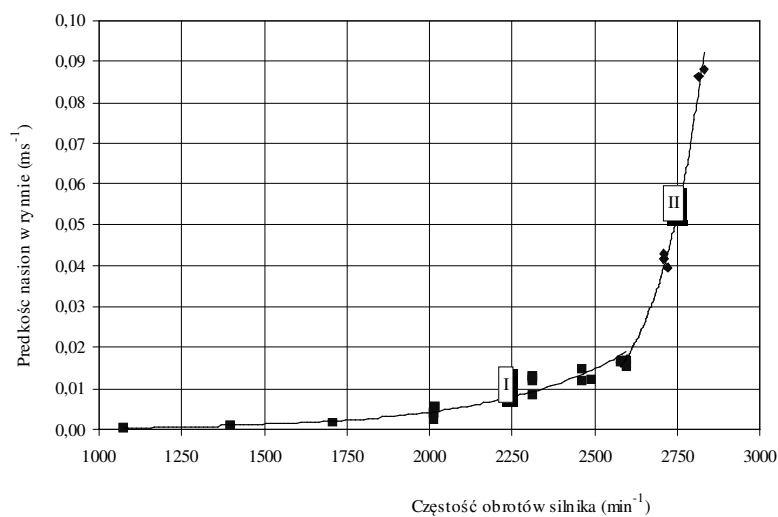
$$n_s = 56,884 \cdot \omega, \quad (\text{min}^{-1}) \quad \text{przy } R^2=0,9967 \quad (2)$$



Rysunek 4. Zależność obrotów silnika od częstotliwości prądu
Figure 4. Current frequency dependency of the engine rotations

Zależność prędkości liniowej nasion w rynnie od częstości obrotów silnika

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki pomiarów prędkości liniowej w zależności od częstości obrotów silnika.



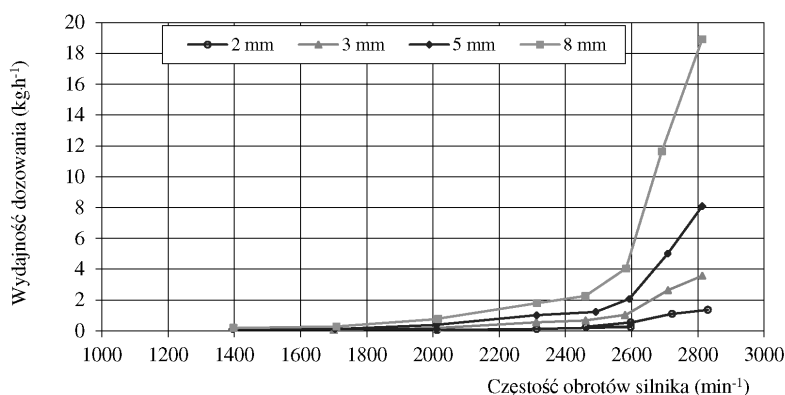
Rysunek 5. Zależność prędkości liniowej nasion w rynnie od częstości obrotowej silnika
Figure 5. Dependency of linear speed of seeds in a chute on rotational frequency of the engine

Dla 1 i 2 zakresu zmienności krzywej obliczono równania prędkości nasion w rynnie:

$$\text{I: } u = 1,0109 \cdot 10^{-17} n_s^{4,45} \quad \text{dla } 1000 < n_s < 2500 \quad \text{przy } R^2 = 0,958 \quad (3)$$

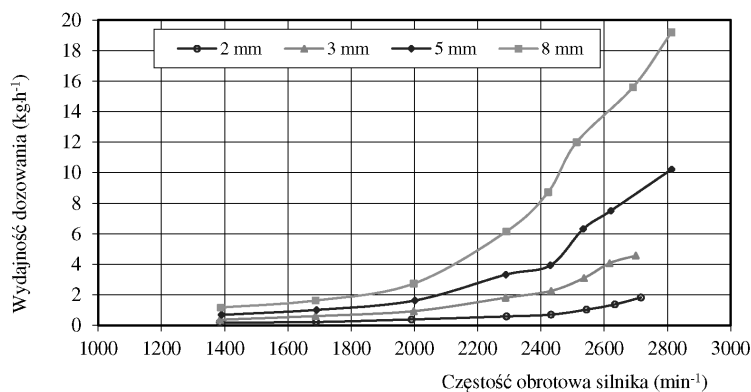
$$\text{II: } u = 2,4043 \cdot 10^{-68} n_s^{19,29} \quad \text{dla } 2500 \leq n_s < 2800 \quad \text{przy } R^2 = 0,958; \quad (4)$$

Zauważono, że prędkość nasion w rynnie znacząco wzrosła, gdy częstość obrotów silnika wynosiła więcej niż 2500 obr·min⁻¹. Prędkość nasion w rynnie rośnie od 0,0004 do 0,016 m·s⁻¹ w zakresie częstości obrotów silnika 1000–2500 obr·min⁻¹. Przy większych obrotach silnika prędkość zmienia się w przedziale od 0,016 do 0,088 m·s⁻¹. Dlatego do opisu zależności prędkości nasion od obrotów silnika posłużono się dwoma równaniami:



Rysunek 6. Zależność wydajności od częstości obrotowej i wysokości materiału w rynnie dla 2 przeciwwag

Figure 6. Dependency of efficiency on rotation frequency and material height in a chute for 2 counterweights

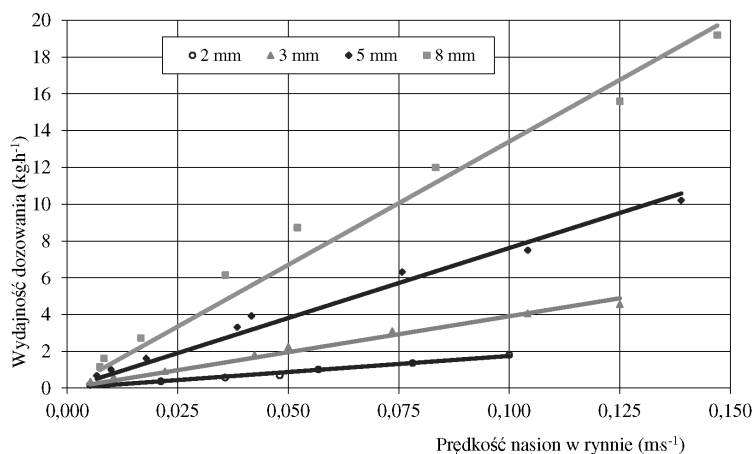


Rysunek 7. Zależność wydajności od częstości obrotowej i wysokości materiału w rynnie dla 4 przeciwwag

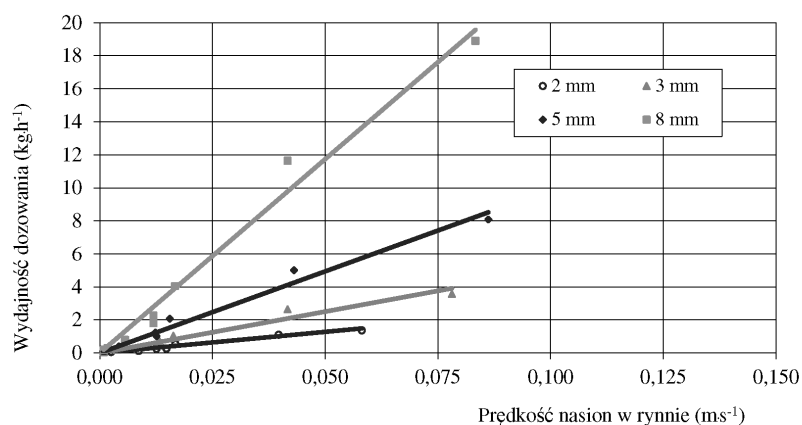
Figure 7. Dependency of efficiency on rotation frequency and material height in a chute for 4 counterweights

Zależność wydajności dozownika przy dwóch przeciwwagach przedstawiono na rysunku 6, a dla czterech przeciwwag na rysunku 7. Wykresy przedstawiają także wydajności dozowania w zależności od odległości otworu zasypowego od dna rynny dozownika. Można zauważyć, że wydajności dozowania przy poszczególnych wyniesieniach są zbliżone w obu przypadkach.

Poniżej przedstawiono wydajność dozownika nasion marchwi w dozowniku rynnowym w funkcji prędkości materiału ziarnistego w rynnie przy dwóch i czterech zamontowanych przeciwwagach silnika (rys. 8 i 9).



Rysunek 8. Zależność wydajności od prędkości liniowej w rynnie dla 2 przeciwwag
Figure 8. Dependency of efficiency on linear speed in a chute for 2 counterweights



Rysunek 9. Zależność wydajności od prędkości liniowej w rynnie dla 4 przeciwwag
Figure 9. Dependency of efficiency on linear speed in a chute for 4 counterweights of efficiency

Powyższe równania pozwoliły na uzyskanie liniowych zależności wydajności dozownika od prędkości nasion w rynnie. Równania opisujące te relacje zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Równania opisujące zależność wydajności dozowania od prędkości nasion w rynnie dozownika przy różnych wyniesieniach zasobnika

Table 1

Equations describing dependency of dosing efficiency on seeds speed in a dispenser chute at various dispenser uplifts

Wyniesienie (odległość zasobnika od dna rynny) (mm)	Ilość przeciwwag w silniku			
	2 przeciwwagi		4 przeciwwagi	
	Wydajność dozowania (kg·h ⁻¹)	Współczynnik determinacji (-)	Wydajność dozowania (kg·h ⁻¹)	Współczynnik determinacji (-)
2	Q ₂₂ =17,51·u	R ² =0,9833	Q ₄₂ =25,65·u	R ² =0,9556
3	Q ₂₃ =39,07·u	R ² =0,9816	Q ₄₃ =50,17·u	R ² =0,9598
5	Q ₂₅ =76,17·u	R ² =0,9816	Q ₄₅ =98,85·u	R ² =0,9827
8	Q ₂₈ =134,1·u	R ² =0,9756	Q ₄₈ =234,7·u	R ² =0,9836

Podstawiając do równania (1) wartości średnie wydajności dozownika dla danej prędkości nasion w rynnie, gęstość usypowu i powierzchnię (obliczoną jako iloczyn szerokość rynny – u i wysokości wyniesienia otworu wysypowego – h, nad dnem rynny), otrzymamy zależność na obliczenie współczynnika napełnienia dla poszczególnych wysokości wyniesienia otworu wysypowego:

$$\varphi_h = \frac{Q_m}{\rho_u \cdot b \cdot h \cdot u} \quad (5)$$

Zależność współczynnika napełnienia dla różnych wysokości otworu wysypowego przedstawiono w tabeli 2 i na rysunku 10.

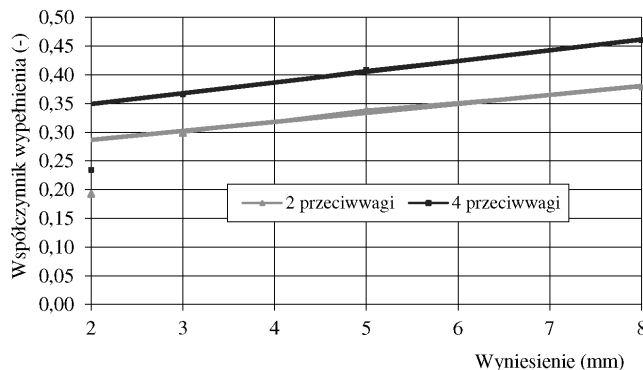
Tabela 2

Zależność współczynnika napełnienia dla różnych wysokości usytuowania zasobnika

Table 2

Dependency of a fullness factor for various heights of placing the dispenser

Wysokość wyniesienia (mm)	Współczynnik napełnienia φ w zależności od ilości przeciwwag w silniku	
	2 przeciwwagi	4 przeciwwagi
	(-)	(-)
2	0,1930	0,2343
3	0,2991	0,3660
5	0,3393	0,4084
8	0,3785	0,4601



Rysunek 10. Zależność współczynnika wypełnienia ϕ wyznaczonego z równania (5) od wysokości wyniesienia h

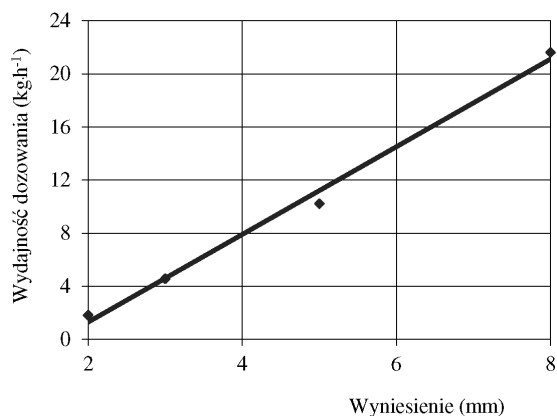
Figure 10. Dependency of a fullness factor ϕ determined from equation (5) on the uplift height h

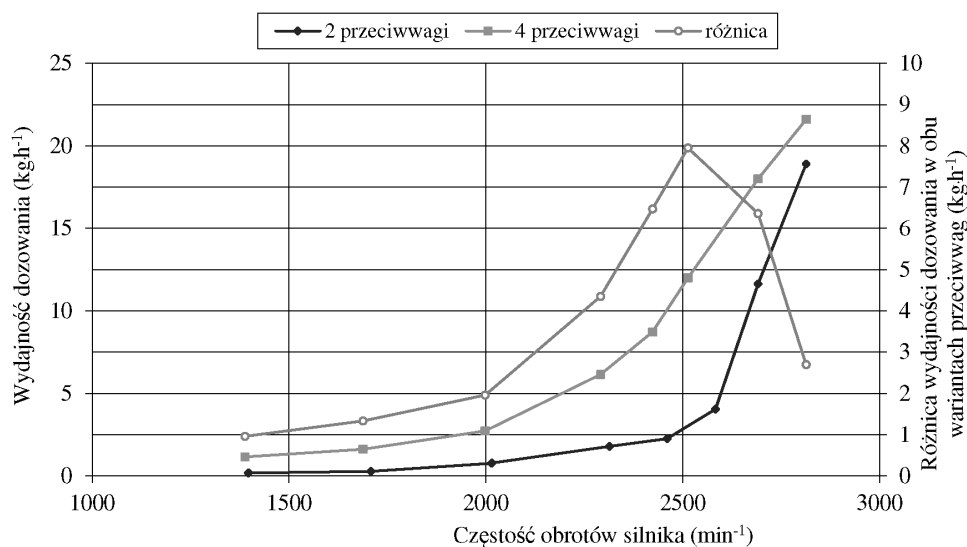
Współczynnik wypełnienia rynny zależy od wysokości wzniesienia i jest wyższy w przypadku zamontowanych 4 przeciwwag w silniku. Współczynnik ten zmienia się liniowo wraz ze wzrostem odległości otworu zasypowego od dna rynny. Zauważyć można, że współczynnik wypełnienia przy wyniesieniu 2 mm, które jest zbliżone do wymiaru nasion marchwi, jest podobny w obu wariantach dla zastosowanych przeciwwag silnika i wynosi ok. 0,2 mm.

W przypadku braku regulatora częstości obrotów elektrowibratora wydajność dozowania można regulować wysokością wyniesienia otworu ponad dno rynny (rys. 11). Przy maksymalnej częstości obrotów silnika, wynoszącej $2800 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$, wydajność dozowania może być regulowana odległością zasobnika od dna rynny w zakresie od 1,8 do $21,6 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$.

Rysunek 11. Zależność wydajności dozowania od wysokości wyniesienia przy obrotach silnika wywołującego drgania $2800 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$

Figure 11. Dependency of dosing efficiency on the uplift height at the engine rotations which cause vibrations $2800 \text{ rot} \cdot \text{min}^{-1}$





Rysunek 12. Wpływ ilości przeciwwag silnika na wydajność dozownika przy wyniesieniu 8 mm

Figure 12. Impact of the number of counterweights of the engine on dispenser efficiency at 8 mm uplift

Ilość przeciwwag ma istotny wpływ na wydajność dozownika dla badanego maksymalnego wyniesienia otworu wysypowego równego 8 mm. Różnica w wydajności dozowania rośnie wraz z częstotliwością obrotów elektrowibratora do wartości 2500 obr·min⁻¹. Przy obrotach powyżej 2500 obr·min⁻¹ różnica wydajności dozowania zaczyna maleć.

Wnioski

1. Współczynnik wypełnienia rynny zależy od ilości przeciwwag wibratorów wymuszających wibracje i jest on wyższy w przypadku zamontowanych 4 przeciwwag w silniku.
2. Współczynnik wypełnienia rynny zmienia się liniowo wraz ze wzrostem odległości kosza zasypowego od dna rynny (wyniesienia).
3. Wydajność dozowania nasion marchwi dozownikiem rynnowym może być regulowana wyniesieniem i w ten sposób dozownik podawałby:
 - dla wyniesienia 2 mm od 0,2 do 2 kg·h⁻¹,
 - dla wyniesienia 8 mm od 2,0 do 20 kg·h⁻¹.

Literatura

- Blechman, I. (1971). *Synchronizacja dynamicznych systemów*. Moskwa, Wydawnictwo „Nauka”.
Redakcja fizyko-matematycznej literatury.
- Błasiński, H; Młodziński, B. (1971). *Aparatura przemysłu chemicznego*. Warszawa, WNT.
- Budrys, W. (1974). *Przeróbka mechaniczna użytecznych ciał kopalnych*. Kraków.
- Czubak, A. (1974). *Przenośniki wibracyjne*. Katowice, Śląsk.
- Dietrych, J. (1962). *Teoria i budowa przesiewaczy*. Katowice, W.G.H.
- Planowski, A.N.; Ramm, W.M.; Kagan, S.Z. (1974). *Procesy i aparaty w technologii chemicznej*, Warszawa, WNT.
- Tardos, G.I.; Lu Q. (1996). Precision dosing of powders by vibratory and screw feeders: an experimental study. *Advanced Powder Technology*, Vol. 7, No. 1, 51-58.
- Wodziński, P; Dyr, T. (2002). Model particle velocity on a vibrating surface. *Physicochemical Problem of Mineral Processing*, 36, 147-157.
- Wodziński, P. (2009). Przesiewanie w przemyśle spożywczym. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 48, 1, 72-73.
- Olewski, W. A. (1955). *Konstrukcja i obliczenia podajników*. Izdatelstwo Moskwa.

INVESTIGATION OF A LABORATORY GUTTER FEEDER DRIVEN BY A VIBRATING MOTOR

Abstract. The efficiency of a feeder driven by a vibrating motor was studied. The influence of a storage bin interval outlet and the vibrating motor rotation frequency on carrot seeds dosing flow in a vibrating dosing device with a gutter was assessed. Fullness factor was determined at different intervals of a storage bin from the bottom of the gutter. This factor varies linearly with the increasing interval. The dosing flow of carrot seeds in the vibrating feeder with a gutter can be adjusted by the interval storage bin from the bottom of the gutter and thus the feeder would doze at the interval of 2 mm from 0.2 to 2 kg·h⁻¹, and the interval of 8 mm from 2 to 20 kg·h⁻¹.

Key words: vibrating feeder, feeder for seeds, vibrating motor

Adres do korespondencji:

Marek Domoradzki; e-mail: m.domaradzki@gmail.com
Katedra Technologii i Aparatury Przemysłu Chemicznego i Spożywczego
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
ul. Seminaryjna 3
85-326 Bydgoszcz