

Elżbieta Kusińska, Valentyna Kizun
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
Akademia Rolnicza w Lublinie

WPLYW ZAGĘSZCZENIA ZIARNA OWSA I PRĘDKOŚCI PRZEPLYWU POWIETRZA NA OPÓR HYDRAULICZNY

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań oporów przepływu powietrza przez warstwę ziarna owsa. Na wartość oporu wpływa przede wszystkim prędkość przepływu powietrza, obciążenie zewnętrzne materiału i czas jego trwania. Badane zależności opisano równaniami.

Słowa kluczowe: opór przepływu powietrza, ziarno, owies, gęstość

Wykaz oznaczeń

- ΔP – jednostkowy opór przepływu powietrza [$\text{hPa}\cdot\text{m}^{-1}$],
 P – obciążenie ziarna [kPa],
 τ – czas obciążania [h],
 v – prędkość przepływu powietrza [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
 ρ – gęstość ziarna [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$].

Wprowadzenie

Zabezpieczanie jakości składowanej masy ziarna zbóż nabiera coraz większego znaczenia. Istnieją różne metody konserwacji ziarna zbóż, ale najczęściej stosowana jest metoda aktywnego wietrzenia. Powietrze przepływające przez masę ziarna musi pokonać opór, który zależy od charakterystyk masowych złoża ziarna: wilgotności, gęstości usypowej, zanieczyszczeń, porowatości i grubości warstwy [Siebenmorgen i in. 1987; Waszkiewicz 1999; Sokhansanj i in. 1990; Jayas i in. 1991; Dairo i in. 1994; Giner i in. 1996; Nimkar i in. 2002; Ray i in. 2002; Molenda i in. 2005]. Do matematycznego opisu oporu przepływu powietrza przez ziarno i nasiona często stosowane są równania Shedda [1953] oraz Hukilla i Ivesa [1955].

Opór przepływu powietrza nie jest cechą stałą, zależy od czasu i warunków przechowywania nasion [Szwed 2000]. Magazynowany materiał sypki ulega zagęszczeniu pod wpływem własnego ciężaru, co powoduje deformację ziaren i ma negatywny wpływ na cechy jakościowe. Proces ten może powodować wzrost oporu przepływu powietrza przez warstwę ziarna, czego nie uwzględniają prace badawcze.

Cel pracy

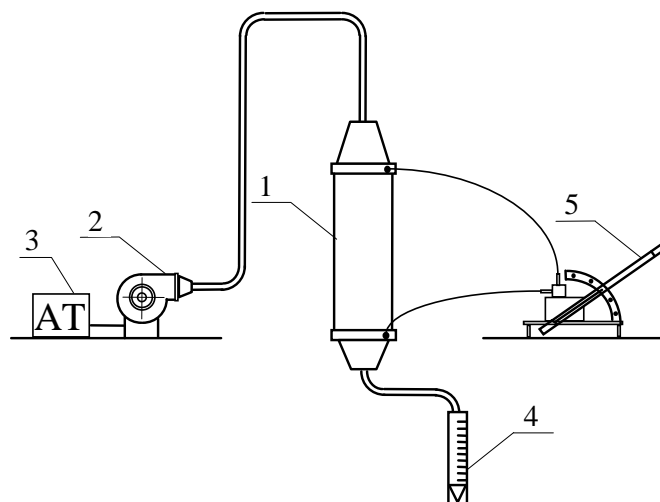
Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie oporu przepływu powietrza przez warstwę owsa w zależności od prędkości przepływu powietrza i gęstości ziarna. Gęstość owsa zmieniała się pod wpływem obciążenia ziarna i czasu obciążania.

Metodyka badań

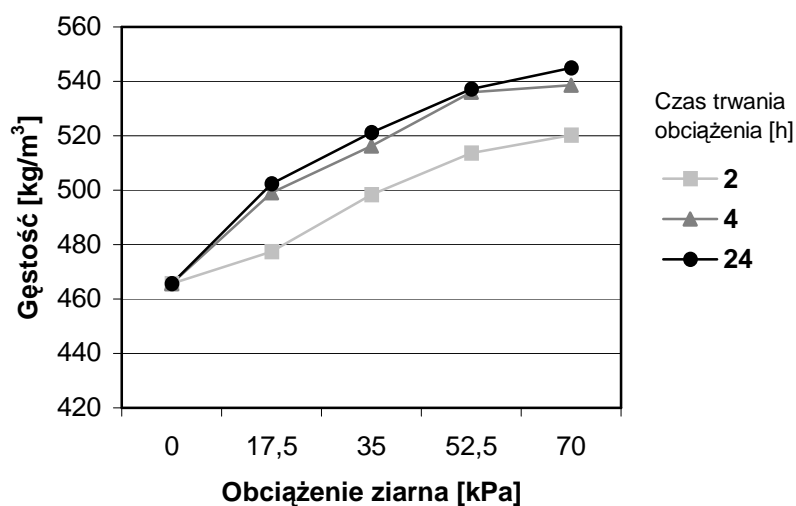
Badania zostały przeprowadzone na ziarnie owsa odmiany „Dragon” o wilgotności 12%. Pomiar oporu przepływu powietrza przez warstwę ziarna owsa przeprowadzono na stanowisku pomiarowym. W skład stanowiska pomiarowego wchodził zbiornik cylindryczny 1 o średnicy wewnętrznej 76 mm i wysokości 120 mm, który napełniano ziarnem (rys. 1). Przepływ powietrza przez próbkę wywoływał promieniowy wentylator ssąco-tłoczący 2, którego wydajność regulowano za pomocą autotransformatora 3. Natężenie przepływu powietrza mierzono za pomocą rotametu gazowego 4. Pomiar oporu przepływu przeprowadzono przy pozornych prędkościach przepływu powietrza przez owies: 0,15; 0,24; 0,4 i 0,49 m·s⁻¹. Spadek ciśnienia statycznego przepływającego powietrza mierzono cieczowym mikromanometrem różnicowym 5 (typ ZPM). Kolejne próby ziarna poddano pionowemu obciążeniu zewnętrznemu o wartościach 17,5 kPa, 35 kPa, 52,5 kPa i 70 kPa. Maksymalna wartość obciążenia odpowiadała 15-metrowej wysokości owsa w silosie. Czas trwania obciążenia wynosił 2, 4 i 24 godziny. Przed każdym pomiarem oporu przepływu próbkę ważono i określano jej wysokość w celu wyznaczenia gęstości. Wszystkie pomiary przeprowadzono trzykrotnie.

Wyniki badań i ich analiza

Na rys. 2 przedstawiono wyniki pomiaru gęstości ziarna owsa w zależności od wielkości obciążenia i czasu jego trwania. Najmniejszą gęstość miało ziarno nie poddane obciążeniu zewnętrznemu (466,6 kg·m⁻³). Wzrost obciążenia do 70 kPa podczas dwugodzinnego jego trwania powodował zagęszczenie ziarna do 520,2 kg·m⁻³. Największe wartości gęstości uzyskano po 24 godzinach działania obciążenia. W tym przypadku obciążenie o wartości 70 kPa wywołało wzrost gęstości do 544,9 kg·m⁻³. Należy zwrócić uwagę, że wzrost czasu działania obciążenia od 4 do 24 godzin w małym stopniu wpływał na wzrost gęstości. Analiza wariancji nie wykazała istotnych różnic między tymi wynikami.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 - zbiornik cylindryczny, 2 - wentylator ssąco-tłoczący, 3 - autotransformator, 4 - rotametr, 5 – mikromanometr
 Fig. 1. Diagramme of a test stand: 1 – cylindrical container, 2 - exhaust-pressure fan, 3 - autotransformer, 4 - rotameter, 5 – micromanometer



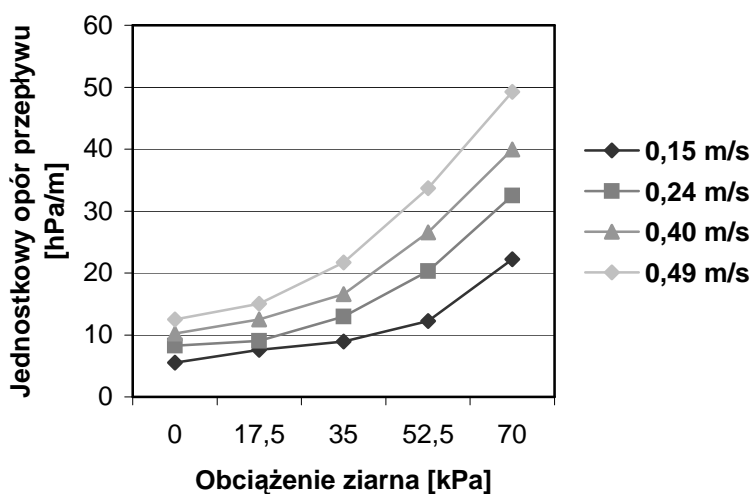
Rys. 2. Wpływ obciążenia zewnętrznego i czasu jego trwania na gęstość ziarna owsa
 Fig. 2. Impact of external load and its duration on oats seed density

Badaną zależność można opisać za pomocą następującego równania regresji wielokrotnej o $R^2=0,996$ i $\alpha \leq 0,01$:

$$\rho = 368,87 - 3,24\tau + 38,33 \ln \tau + 31,24 \ln P \quad (1)$$

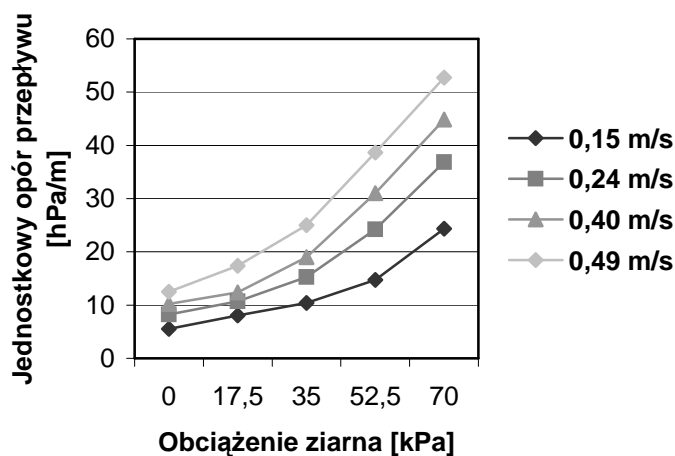
Między zmienną zależną ρ oraz zmiennymi niezależnymi zachodzi korelacja na bardzo wysokim poziomie. Współczynnik korelacji między gęstością i $\ln \tau$ wynosi 0,97, a dla gęstości i $\ln P$ współczynnik korelacji ma wartość 0,99.

Na rys. 3, 4 i 5 przedstawiono zależności jednostkowego oporu przepływu powietrza przez owies, który poddano zewnętrznym obciążeniom od 0 do 70 kPa, trwającym 2, 4 i 24 godziny. Zwiększenie prędkości przepływającego powietrza, wartości obciążenia ziarna oraz wydłużenie czasu jego trwania powodowało wzrost oporu przepływu powietrza. Ziarno nie obciążone zewnętrznymi przy wzroście prędkości od 0,15 do 0,49 m·s⁻¹ wykazywało jednostkowy opór przepływu od 5,51 do 12,52 hPa·m⁻¹. Ziarno obciążone przez 2 godziny ciśnieniem 70 kPa miało już opór od 22,22 do 49,24 hPa·m⁻¹. Czterogodzinne obciążenie w tych samych warunkach powodowało opory 24,34 do 52,77 hPa·m⁻¹, a dobowe – 29,89 do 60,42 hPa·m⁻¹.



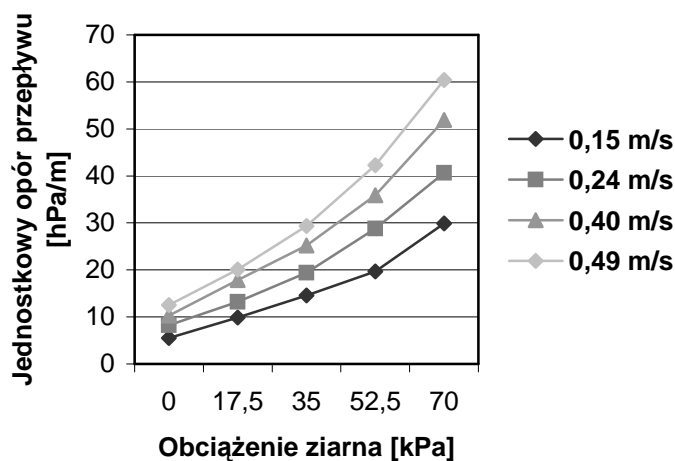
Rys. 3. Zależność jednostkowego oporu przepływu powietrza przez ziarno owsa od prędkości przepływu powietrza i obciążenia ziarna (czas trwania obciążenia 2h)

Fig. 3. Dependence of unit air flow resistance produced by oats grain on air flow speed and grain load (load duration 2h)



Rys. 4. Zależność jednostkowego oporu przepływu powietrza przez ziarno owsa od prędkości przepływu powietrza i obciążenia ziarna (czas trwania obciążenia 4h)

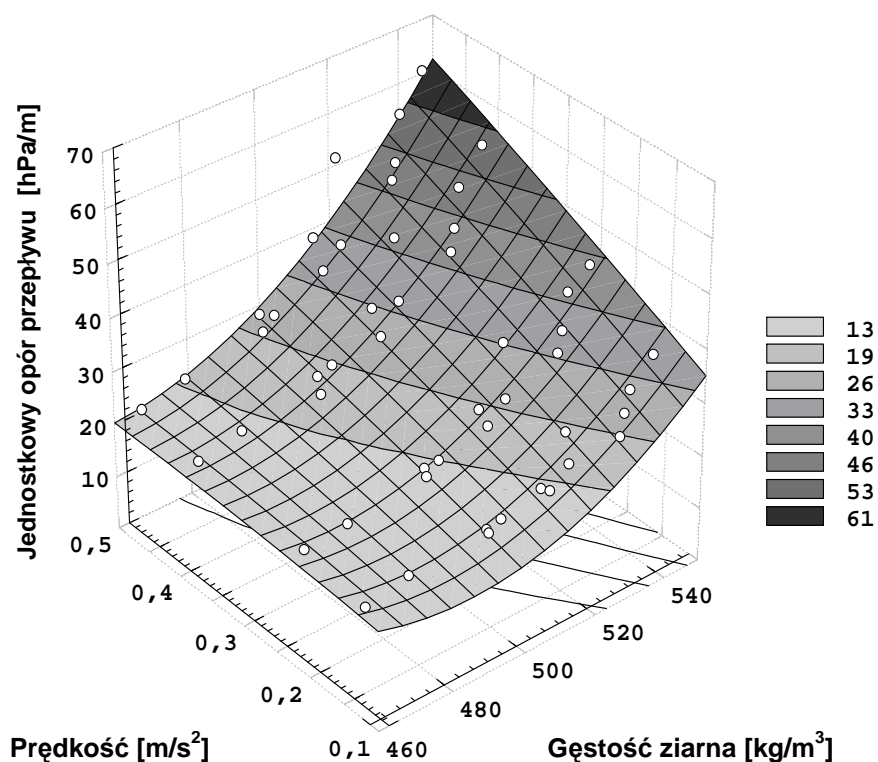
Fig. 4. Dependence of unit air flow resistance produced by oats grain on air flow speed and grain load (load duration 4h)



Rys. 5. Zależność jednostkowego oporu przepływu powietrza przez ziarno owsa od prędkości przepływu powietrza i obciążenia ziarna (czas trwania obciążenia 24h)

Fig. 5. Dependence of unit air flow resistance produced by oats grain on air flow speed and grain load (load duration 24h)

Na rys. 6 przedstawiono zależność jednostkowego oporu przepływu powietrza przez ziarno od gęstości owsa i prędkości przepływu powietrza. Obie zmienne niezależne powodują wzrost oporu przepływu powietrza.



Rys. 6. Zależność jednostkowego oporu przepływu powietrza przez ziarno od gęstości owsa i prędkości przepływu powietrza

Fig. 6. Dependence of the unit air flow resistance produced by the grain on the density of oats and air flow speed

Uwzględniając dodatkowo gęstość ziarna w równaniu Shedda, jednostkowy opór można opisać w następujący sposób:

$$\Delta P = 435,36v^2 \cdot \ln \frac{\rho}{454,54} \quad (2)$$

Współczynnik determinacji tego równania wynosi $R^2=0,78$ przy $\alpha \leq 0,01$.

Z większą dokładnością ($R^2=0,85$, $\alpha \leq 0,01$) proces ten można opisać za pomocą wielomianu, tak jak to zrobili Siebenmorgen i in. [1987] oraz Waszkiewicz i in. [1999]:

$$\Delta P = 1197,29 - 5,14\rho + 48,86v + 0,005\rho^2 \quad (3)$$

Otrzymane wyniki pomiaru oporu przepływu powietrza przez ziarno owsa, które nie było poddane obciążeniu, przy takich samych prędkościach powietrza są zbliżone do wartości otrzymanych przez Waszkiewicza [1999] dla amarantusa i mniejsze lub większe od oporu ziarna pszenicy w zależności od sposobu napełniania zbiornika [Molenda i in. 2005] oraz nieco mniejsze od oporu rzepaku [Jayas i in. 1991]. Znaczny wzrost oporu przepływu przez warstwę soczewicy składowaną luzem, wynikający z metody napełniania, stwierdzili również Sokhansajn i in. [1990]. Z badań Siebenmorgena i in. [1987] wynika, że wzrost gęstości ryżu o $16 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ spowodowany dodatkiem miazgi zwiększa opory przepływu o 3,37% przy prędkości powietrza $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zastosowana w przedstawionych badaniach metoda zagęszczania owsa powodowała większy wzrost oporu niż w omówionych przypadkach.

Wnioski

1. Obciążenie ciśnieniem zewnętrznym w przyjętym przedziale wartości od 0 do 70 kPa powoduje wzrost gęstości ziarna owsa od $466,6$ do $544,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.
2. Wzrost czasu trwania obciążenia warstwy owsa do czterech godzin powoduje istotne zmiany jego gęstości. Dalszy wzrost czasu obciążania nie wywołuje istotnych zmian badanego parametru.
3. Wzrost gęstości ziarna owsa od $466,6$ do $544,9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz wzrost prędkości przepływu powietrza od $0,15$ do $0,49 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ powodują zwiększenie oporu przepływu od $5,51$ do $60,42 \text{ hPa}\cdot\text{m}^{-1}$.

Bibliografia

- Dairo O.U., Ajibola O.O. 1994. Resistance to airflow of bulk sesame seed. J. Agric. Eng. Res., 58, 99-105.
- Giner S.A., Denisienia E. 1996. Pressure drop through wheat as affected by air velocity, moisture content and fines. J. Agric. Eng. Res., 63, 73-86.
- Hukill W.V., Ives N.C. 1955. Radial air flow resistance of grain. Agric. Eng., 36(5), 222-225.
- Jayas D.S., Muir W.E. 1991. Airflow-pressure drop data for modeling fluid flow in anisotropic bulks. ASAE, 34(1), 251-254.

Molenda M., Montross M.D., McNeill S.G., Horabik J. 2005. Airflow resistance of seeds at different bulk densities using Ergun's equation. *Trans. ASAE*, 48(3), 1137-1145.

Nimkar P.M., Chattopadhyay P.K. 2002. Airflow resistance of green grain. *Biosystems Eng.*, 82(4), 407-414.

Ray S.J., Pordesimo L.O., Wilhelm L.R. 2002. Airflow resistance of some pelleted feed. *Trans. ASAE*, 47(2), 513-519.

Shedd C.K. 1953. Resistance of grain and seeds to airflow. *Agric. Eng.*, 34(9), 616-619.

Siebenmorgen T.J., Jindal V.K. 1987. Airflow resistance of rough as affected by moisture content, fines concentration and bulk density. *Trans. ASAE*, 30(4), 1138-1143.

Sokhansanj S., Falacinski A.A., Sosulski F.W., Jayas D.S., Tang J. 1990. Resistance of bulk lentils to airflow. *Trans. ASAE*, 33(4), 1281-1285.

Szwed G. 2000. Wpływ czasu przechowywania na zmianę oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. *Acta Agrophysica*, 37, 225-235.

Waszkiewicz Cz. 1999. Resistance of airflow through the grain layer of amaranth. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, Agricult.* 43, 55-61.

IMPACT OF OATS SEED DENSITY AND AIR FLOW SPEED ON HYDRAULIC RESISTANCE

Summary

In the article, the results of the studies on airflow resistance produced by oats seed layer are presented. Airflow speed, external material load the time of load is what has the foremost effect on the resistance value. The examined relations are described by means of equations.

Key words: airflow resistance, grain, oats, density