

## WSTĘPNA OCENA WPŁYWU SPOSOBU FORMOWANIA ZŁOŻA ZIARNA PSZENICY NA OPÓR PRZEPŁYWU POWIETRZA

*Józef Łukaszuk*

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: jlukas@demeter.ipan.lublin.pl

**Streszczenie.** Badano jaki wpływ na przepływ powietrza przez złożę ziarna pszenicy ma sposób napełniania zbiornika pomiarowego. Dla ziarna pszenicy ozimej odmiany Rysa, o wilgotności 11% i trzech sposobów napełniania cylindrycznych próbek, wyznaczono zależność: opór przepływu powietrza – prędkość przepływu powietrza w zakresie prędkości przepływu od  $0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Stwierdzono, że sposób napełniania próbek istotnie wpływa na opór przepływu powietrza. Różnica oporu przepływu powietrza między przyjętymi i określonymi metodyką badań sposobami napełniania sięgała 50%.

**Słowa kluczowe:** ziarno pszenicy, gęstość, opór przepływu powietrza

### WSTĘP

Przechowywanie ziarna zbóż wiąże się z koniecznością przeprowadzania zabiegów konserwacyjnych wymagających swobodnego przedostawania się powietrza do złoża materiału. Skuteczność tych zabiegów zależy od właściwości złoża ziarna, decydujących o jego oporze dla przepływającego powietrza. Opór przepływu wyraża się spadkiem ciśnienia powietrza na jednostkę długości w kierunku przepływu. Jest on złożoną właściwością materiałów sypkich i zależy od wielu czynników. Do najbardziej istotnych należą: prędkość przepływu powietrza, wielkość, kształt i rozkład cząstek w złożu, zawartość zanieczyszczeń, sposób i czas formowania złoża oraz wilgotność i gęstość upakowania materiału [3].

Istotność problematyki spowodowała, że badania oporów przepływu rozpoczęto już w latach dwudziestych ubiegłego stulecia. Jednymi z pierwszych badaczy byli: Stimiman, Bodnar i Bates [10]. Szerokie opracowania różnych aspektów oporu przepływu przedstawili Jayas [4] oraz Abrams i Fish [1]. Szwed [11], a także Szwed i Łukaszuk [12] badali wpływ czasu i warunków przechowywania próbek nasion

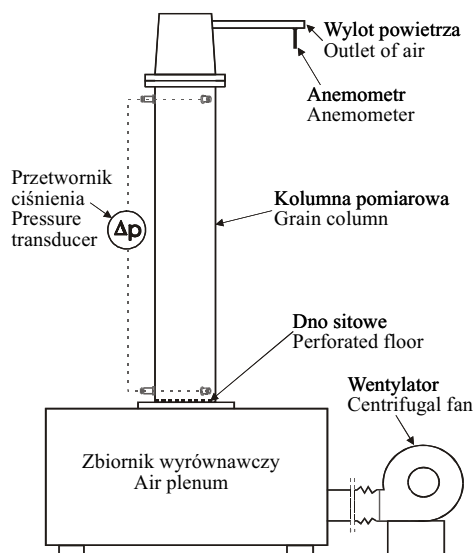
rzepaku na zmianę ich oporu przepływu powietrza. Łukaszuk i inni [7] badali zależność oporu przepływu powietrza od gęstości złoża ziarna pszenicy i kukurydzy oraz nasion rzepaku. Lamond i Smith [6] oraz Kumar i Muira [5] badali zależność oporu przepływu od kierunku powietrza płynącego przez złożę materiału.

O oporach przepływu powietrza decyduje porowatość materiału sypkiego, która jest związana bezpośrednią zależnością z gęstością upakowania. W przypadku bardzo dużej gęstości materiału jego porowatość jest na tyle mała, że opór przepływu powietrza przez złożę może wzrosnąć nawet kilkukrotnie [9]. Gęstość upakowania zależy m. in. od rodzaju ziarna, wielkości zbiornika oraz od sposobu i szybkości jego napełniania, decydujących o przestrzennej orientacji ziarniaków w złożu materiału [8].

Prezentowany w pracy program badań miał na celu ocenę zależności zmian oporu przepływu powietrza próbek ziarna pszenicy od sposobu napełniania kolumny pomiarowej. Wyznaczano spadek ciśnienia powietrza przepływającego przez wypełnioną ziarnem kolumnę pomiarową przy różnych prędkościach przepływu powietrza.

#### METODA I MATERIAŁ

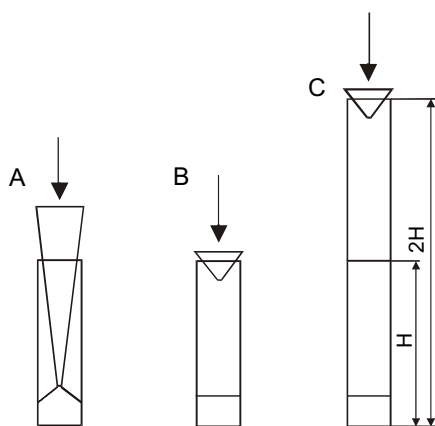
Pomiary oporu przepływu wykonano na aparacie, którego budowę przedstawia rysunek 1 [7].



**Rys. 1.** Aparat do badań oporów przepływu  
**Fig. 1.** Apparatus for measuring airflow resistance in seeds

Średnica kolumny pomiarowej wynosiła 0,196 m. Pomiar spadku ciśnienia wykonywany był na odcinku kolumny o wysokości 0,95 m przy pomocy indukcyjnego czujnika różnicy ciśnień *Validyne* DP45 o maksymalnej wartości pomiarowej 2,25 kPa, współpracującego ze wzmacniaczem *Validyne* CD15. Przepływ powietrza przez kolumnę pomiarową wymuszany był elektrycznym wentylatorem promieniowym o mocy 0,37 kW. Uchylna przysłona, umieszczona na otworze ssącym wentylatora, pozwalała regulować prędkość przepływu powietrza przez kolumnę pomiarową w zakresie od  $0,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  do  $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Prędkość przepływu mierzono anemometrem ANT 2000.

Badania przeprowadzono dla oczyszczonego ziarna pszenicy ozimej odmiany Rysa o wilgotności 11%. Zastosowano trzy sposoby napełniania kolumny pomiarowej. W pierwszym sposobie wykorzystano lej zasypowy o wysokości 1 m i średnicach otworów 0,03 i 0,2 m. Napełnianie polegało na powolnym unoszeniu wcześniej zasypanego ziarna leja (rys. 2 A). W drugim przypadku kolumnę pomiarową napełniano poprzez stożkowy lej o wysokości 0,15 m i średnicach otworów 0,04 i 0,25 m, umieszczony na szczycie kolumny pomiarowej (rys. 2 B). Lej ten wykorzystano również w trzecim sposobie, ale umieszczono go na dodatkowej tulei o wysokości 1 m i średnicy równej średnicy kolumny pomiarowej (rys. 2 C). Podczas napełniania utrzymywano ciągły strumień ziarna.



**Rys. 2.** Sposoby formowania próbek  
**Fig. 2.** Methods of sample filling

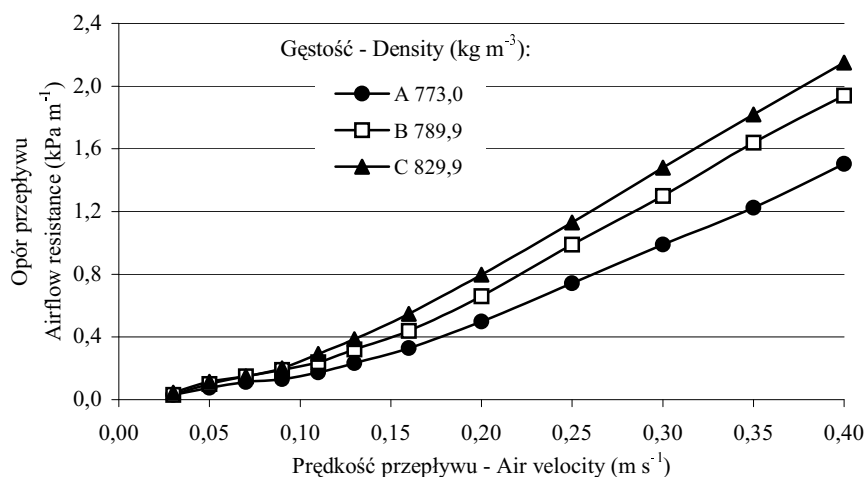
Otrzymane wyniki aproksymowano równaniem Erguna (1) [2].

$$\Delta p \cdot L^{-1} = A \cdot V + B \cdot V^2 \quad (1)$$

gdzie:  $L$  – odległość, na której mierzono spadek ciśnienia powietrza  $\Delta p$ ,  $A$  i  $B$  – parametry,  $V$  – prędkość przepływu powietrza.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Z zależności przedstawionych na rysunku 3 wynika, że niezależnie od sposobu napełniania kolumny pomiarowej, przyrost oporu przepływu był nieliniowy i rósł z prędkością przepływu powietrza. W zakresie przyjętych prędkości największy opór przepływu powietrza wystąpił, gdy kolumnę napełniano zgodnie ze sposobem C. W tym przypadku gęstość próbki również była najwyższa. W przypadku napełniania kolumny zgodnie ze sposobem B, gęstość próbki i opór przepływu powietrza były wyraźnie mniejsze. Najmniejsza gęstość próbki i opór przepływu powietrza wystąpiły, gdy kolumnę pomiarową napełniano zgodnie ze sposobem A.



**Rys. 3.** Zależność: opór przepływu powietrza - prędkość przepływu powietrza, dla trzech sposobów formowania A,B,C próbek ziarna pszenicy odmiany Rysa o wilgotności 11%

**Fig. 3.** Relationship: airflow resistance – air velocity for different methods of filling, A, B, C, obtained for wheat grain en masse, variety Rysa, of 11% of moisture content

Przy sposobie napełniania A ziarniki wypływały z otworu leja zasypowego z najniższej, możliwej wysokości i układały się dłuższymi osiami wzdłuż tworzącej stożka usypu, co sprzyjało wytworzeniu uporządkowanej struktury wewnętrznej złoża. W tym przypadku energia kinetyczna ziarników była minimalna. W przypadku napełniania kolumny pomiarowej zgodnie ze sposobami B i C, reprezentującymi rozproszone sposoby napełniania zbiornika, w których spadające ziarniki tworzyły w kolumnie pomiarowej płaską powierzchnię, wzrost oporu przepływu powietrza, w stosunku do sposobu napełniania A, związany był głównie ze wzrostem energii kinetycznej ziarników i ich tendencją do poziomego układania

się dłuższymi osiami na powierzchni formowanego złoża. Przykładowo, przy prędkości przepływu  $0,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , opór przepływu powietrza dla sposobu formowania C był o 50% większy od oporu przepływu powietrza dla próbki formowanej zgodnie ze sposobem A

W tabeli 1 zamieszczono parametry równania Erguna dla otrzymanych przebiegów doświadczalnych. Wzrost oporu przepływu powietrza wywołany wzrostem gęstości próbek, zależnym od sposobu ich formowania, odbywał się na skutek wzrostu udziału liniowego wskaźnika w równaniu Erguna, opisującego laminarny przepływ powietrza. Przyrost gęstości próbek wpływał również na wzrost udziału składnika nieliniowego równania Erguna w całkowitym oporze przepływu powietrza.

**Tabela 1.** Parametry równania Erguna i współczynniki determinacji  
**Table 1.** Parameters of the Ergun equation and determination coefficient

Sposób formowania próbek Methods of sample filling	Parametr – Parameter		$R^2$
	<i>A</i>	<i>B</i>	
A	1,08	6,90	0,997
B	1,57	8,61	0,996
C	2,11	8,64	0,996

Przeprowadzone wcześniej [6] i aktualne badania wskazują na istotny wpływ gęstości upakowania nasion na opór przepływu powietrza przez złoże. Wibracje oraz sposób napełniania zbiornika wyraźnie wpływają na zmianę gęstości materiału. Wydaje się jednak, że zagęszczanie ziarna pszenicy sprzyja powstawaniu bardziej uporządkowanej struktury, w której również zmiana przestrzennego ułożenia ziarniaków wpływa na opór przepływu powietrza. Jednoznaczne tego rozstrzygnięcie wymaga jednak prowadzenia dalszych badań zmierzających do oceny zależności oporu przepływu od kierunku przepływu powietrza przez warstwę materiału.

#### WNIOSEK

Sposób napełniania zbiornika wpływa na gęstość i wartość oporu przepływu powietrza złoża ziarna pszenicy. Największy opór przepływu powietrza wystąpił w przypadku gdy kolumnę pomiarową napełniano systemem rozproszonym z dużej wysokości, a najmniejszy gdy napełniano ją w sposób umożliwiający formowanie się na powierzchni złoża stożka naturalnego usypu ziarna.

## PIŚMIENNICTWO

1. **Abrams C.F., Fish J.D.:** Resistance of sweet potatoes to airflow. ASAE Paper no. 78-4523, St. Joseph, Mich, 1978.
2. **Ergun S.:** Fluid flow through packed columns. Chemical Engineering Progress, 48, 89-94, 1952.
3. **Giner S., Denisienia E.:** Pressure drop through wheat as affected by air velocity, moisture content and fines. J. Agric. Eng. Res. 63(1), 63-86, 1996.
4. **Jayas D.S.:** Resistance of bulk canola oilseed to airflow. Unpublished Ph. D. thesis. Departament of Agricultural Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Sask, 1987.
5. **Kumar A., Muir W.E.:** Airflow resistance of wheat and barley affected by airflow direction, filling method and dockage. Transaction of the ASAE, 29(5), 1423-1426, 1986.
6. **Lamond W.J., Smith E.A.:** Modeling low temperature during of grain in anisotropic beds. Third International Drying Symposium, Birmingham, UK, 1982.
7. **Łukaszuk J., Molenda M., Szwed G.:** Zależność oporu przepływu powietrza od gęstości złoża nasion. Acta Agrophysica, 4(1), 77-83, 2004.
8. **Molenda M., Horabik J., Grochowicz M., Szot B.:** Tarcie ziarna pszenicy. Acta Agrophysica, 4, 1995.
9. **Stephens L.E., Foster G.H.:** Grain bulk properties as affected by mechanical grain spreaders. Transaction of the ASAE, 19(2), 354-358, 1976.
10. **Stirniman E.J., Bodnar G.P., Bates E.N.:** Test on resistance to passage of air through rough rice in a deep bed. Agric. Eng., 12, 145-148, 1931.
11. **Szwed G.:** Wpływ czasu przechowywania na zmianę oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. Acta Agrophysica, 37, 225-235, 2000.
12. **Szwed G., Łukaszuk J.:** Ocena oporu przepływu powietrza przez warstwę nasion rzepaku. Acta Agrophysica, 2(3), 645-650, 2003.

INFLUENCE OF THE FILLING METHOD ON AIRFLOW RESISTANCE  
IN WHEAT GRAIN MASS*Józef Łukaszuk*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin  
e-mail: jlukas@demeter.ipan.lublin.pl

**Abstract.** The influence of the filling method on airflow through mass of wheat grain was investigated. The experiments were performed for wheat grain variety Rysa of 11% of moisture content and three methods of filling. The experiments were performed for air speed in the range from 0.03 to 0.4 m·s<sup>-1</sup>. It was found that the way of sample filling had a significant influence on airflow resistance. The difference of airflow resistance between different methods of filling reached 50%.

**Key words:** wheat grain, density, airflow resistance