

Wpływ grubości warstwy nasion składowanych w silosach z pionowym układem wietrzenia na parametry przepływu powietrza

Janusz Bowszys

Katedra Inżynierii Systemów, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski,
ul. Heweliusza 14, 10-718 Olsztyn, e-mail: j.bowszys@uwm.edu.pl

Streszczenie. celem pracy było określenie wielkości wydajności oraz jednostkowej dawki powietrza przepływającego przez warstwę ziarna w silosie. Badania przeprowadzono na ziarnie zbóż. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono istotne zmniejszenie jednostkowej dawki powietrza w zależności od grubości warstwy składowanego ziarna.

Słowa kluczowe: silosy, wydajność powietrza, składowanie ziarna, opory przepływu.

METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań był silos o ładowności 60 Mg, o średnicy części cylindrycznej 4,5m. Wysokość warstwy nasion zmieniano od 0 do 4m. Układ przewietrzania z płytą płaskodenną o współczynniku perforacji blachy wynoszącej 0,0562. Wentylator konstrukcji WP napędzany silnikiem 4 kW o prędkości obrotowej 1445 obr/min [7, 5, 10]. Wybrano dwa rodzaje zbóż różniące się istotnie budową ziarniaków. Materiałem użytym do badań ziarno pszenicy oraz pszenżyta pochodzących z pól doświadczalnych (tab. 1).

WSTĘP

Długoterminowe przechowywanie ziarna w silosach bez efektywnego wietrzenia powoduje: zmniejszenie jego jakości spowodowane ubytkiem suchej masy, rozwojem pleśni co powoduje zmniejszenie zdolności kiełkowania [17, 18, 4]. Składowane ziarno w procesie dojrzewania poźniwego w wyniku procesów biochemicznych wydziela głównie dwutlenek węgla, wilgoć i ciepło [1, 9, 11, 19].

Produkty oddychania należy usunąć z przestrzeni międzyziarnowych poprzez aktywne wietrzenie [12, 13]. Ziarno zbierane latem charakteryzuje się wysoką temperaturą 25-30°C [14]. Składując ciepłe ziarno bezpośrednio po zbiorze w silosie należy je intensywnie wietrzyć powietrzem o odpowiednich parametrach (temperatura, wydajność, jednostkowa dawka powietrza). W przestrzeniach międzyziarnowych produkty oddychania oddziałując na ziarno powodują zmniejszenie jego jakości [2, 15, 16].

CELE I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie wpływu wysokości warstwy składowanego ziarna na wydajność oraz jednostkową dawkę powietrza w procesie wietrzenia. Zakres badań obejmował pomiary ciśnień oraz określenie wydajności powietrza w silosie z pionowy układem wietrzenia.

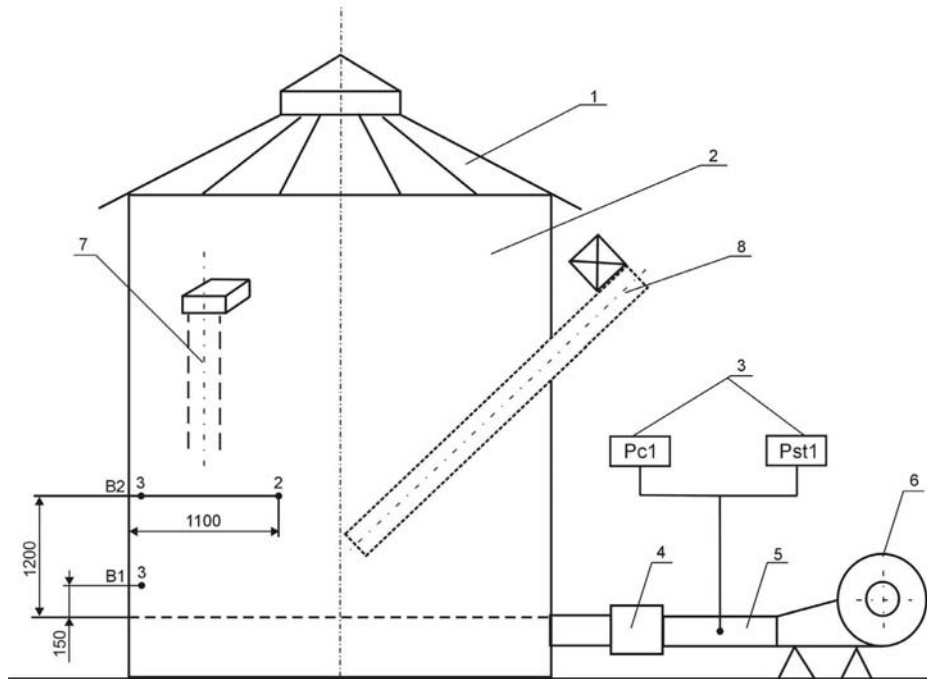
Tabela 1. Cechy masy ziarna użytego w doświadczeniach
Table 1. Characteristics of grains used in the experiment.

Ziarno Grain	Wilgotność Humidity	Czystość Purity	Gęstość w stanie usypowym Density (stored grains)	Porowatość Porosity
	%	%	kg · m ⁻³	%
Pszenica wheat	12,5	9,41	761	36
Pszenżyto triticale	12,4	8,28	751	39

W czasie badań wykonano pomiary na stanowisku badawczym (rys. 1) następujących wielkości:

- ciśnienie całkowite strumienia powietrza,
- ciśnienie statyczne strumienia powietrza,
- temperaturę powietrza.

Średnica rurociągu doprowadzającego powietrze (5) wynosiła 320 mm. Pomiary wykonano mikromanometrami w trzech punktach, oś symetrii oraz dwa pomiary w odległości połowy promienia od ścian bocznych. Do obliczeń wydajności przyjęto średnią arytmetyczną trzech pomiarów [2, 6].



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego silosu o pionowym układzie wietrzenia z płytą wietrzącą: 1 – dach silosu, 2 – silos, 3 – manometry do pomiaru ciśnienia w rurociągu tłoczącym, 4 – nagrzewnica elektr., 5 – rurociąg, 6 – wentylator, 7 – rurociąg, 8 – przenośnik ślimakowy

Fig. 1. The diagram of an elevator with a vertical ventilation and a ventilation plate: 1 – roof, 2 – elevator, 3 – manometers measuring the pressure in a piston pipeline, 4 – electric heater, 5 – pipeline, 6 – ventilator, 7 – pipeline, 8 – carrier

METODYKA OBLICZEŃ

Obliczenie wartości ciśnienia dynamicznego:

$$P_{dyn} = P_c - P_{st}$$

P_{dyn} – ciśnienie dynamiczne (Pa),

P_c – ciśnienie całkowite (Pa),

P_{st} – ciśnienie statyczne (Pa).

Obliczenie prędkości przepływu w rurociągu:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{dyn}}{\rho}}$$

do obliczeń przyjęto $\rho = 1,24 \text{ kg/m}^3$.

Obliczenie wydajności powietrza tłoczonego do silosu:

$$Q_w = F \cdot v,$$

F – powierzchnia przekroju rurociągu o średnicy 320 mm,

Q_w – wydajność powietrza w m^3/s .

Obliczenie jednostkowej dawki powietrza ($\text{m}^3 \cdot \text{Mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$):

$$q_i = \frac{Q_w}{M_z},$$

M_z – masa składowanego ziarna w Mg dla wysokości (0, 1, 2, 3, 4 m).

WYNIKI BADAŃ

Analizując układ doprowadzający powietrze do ziarna na podstawie obliczeń stwierdzono, że płyta wietrząca silosu ma łączną powierzchnię szczelin 11 razy większą od powierzchni poprzecznej rurociągu doprowadzającego powietrze z wentylatora do silosu. Potwierdza to fakt, że nie

wystąpiło dławienie przepływu wynikające ze zmiany pola przekroju rurociągu i płyty wietrzącej. Wyniki pomiarów i obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

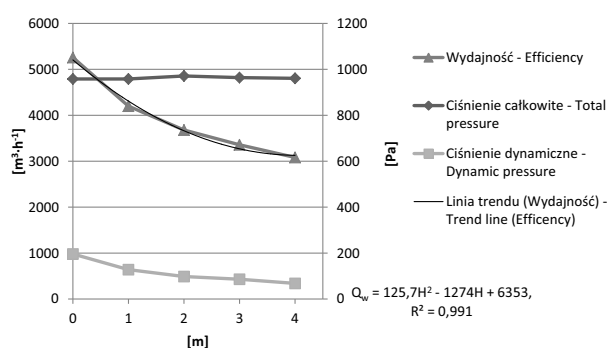
Warstwa pszenicy 1 m spowodowała zmniejszenie wydajności do $4200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ co odpowiada jednostkowej dawce powietrza $347 \text{ m}^3 \cdot \text{Mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Zасыpywano kolejne warstwy 2, 3, 4 m. Wyniki pomiarów i obliczeń przedstawiono w tabeli 2. Najmniejsza dawka powietrza była przy 4 m i wynosiła $64 \text{ m}^3 \cdot \text{Mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ co jest wielkością wystarczającą do przewietrzania ziarna. Wyniki badań dla pszenicy nieznacznie odbiegały od wyników uzyskanych dla pszenżyta. Obecnie dominującym zbożem w produkcji rolnej naszego kraju jest pszenica. Wszystkie silosy do przechowywania ziarna suchego przed rozpoczęciem produkcji seryjnej należy poddawać testowi biologicznemu [7, 4, 3]. Wartość biologiczna przechowywanego zboża zależy w głównej mierze od efektywności przewietrzania [8]. Wyniki badań graficznie przedstawiono na rysunku 2 i 3. Ciśnienie całkowite wyrażające opór przepływu powietrza przez warstwę nasion zmieniało się nieznacznie w granicach 950-1000 Pa. Wydajność powietrza przy warstwie 1 m wynosiła odpowiednio dla pszenicy $4200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ oraz $3918 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dla pszenżyta. Warstwa ziarna o wysokości 4 m spowodowała zmniejszenie wydajności do $3082 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ oraz $3006 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dla pszenżyta. Analizując rysunek 4 i 5 stwierdzono istotne zmniejszenie jednostkowej dawki powietrza z wartości $347 \text{ m}^3 \cdot \text{Mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ do $63 \text{ m}^3 \cdot \text{Mg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Wydajność powietrza przepływającego przez masę ziarna w silosie została opisana równaniami regresji:

$Q_w = 125,7H^2 - 1274H + 6353$, $R^2 = 0,991$ dla pszenicy,

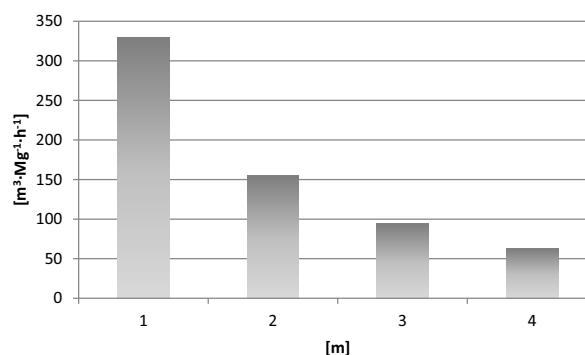
$Q_w = 100,2H^2 - 1061H + 5883$, $R^2 = 0,958$ dla pszenżyta.

Tabela 2. Wyniki pomiarów i obliczeń parametrów strumienia powietrza
Table 2. The results of measurements and computation of air stream parameters

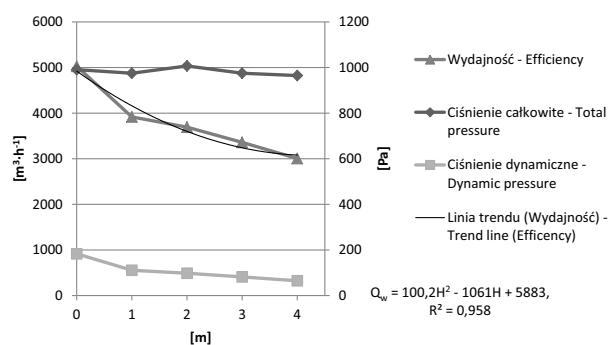
Lp.	Wysokość warstwy Hight of a layer	Ciśnienie całkowite Total pressure	Ciśnienie dynamiczne Dynamic pressure	Wydajność powietrza Air efficiency	Jednostkowa dawka powietrza Nominal dose of air
	m	Pa	Pa	m ³ ·h ⁻¹	m ³ ·Mg ⁻¹ ·h ⁻¹
Pszenica wheat					
1	0	958	196	5257	-
2	1	958	128	4200	347
3	2	971	98	3680	152
4	3	964	86	3357	92
5	4	961	68	3082	64
Pszenżyto triticale					
1	0	991	183	5028	-
2	1	975	111	3918	329
3	2	1007	98	3693	155
4	3	975	82	3360	94
5	4	965	65	3006	63



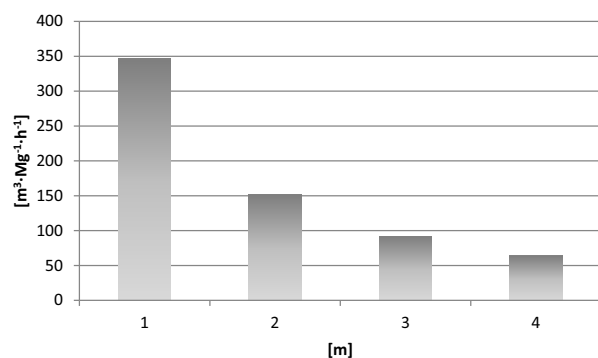
Rys. 2. Zmiana ciśnień i wydajności powietrza dla pszenicy
Fig. 2. Changes of pressure and efficiency in case of wheat



Rys. 5. Zmiana jednostkowej dawki powietrza dla pszenżyta
Fig. 5. Changes of nominal dose of air in case of triticale



Rys. 3. Zmiana ciśnień i wydajności powietrza dla pszenżyta
Fig. 3. Changes of pressure and efficiency in case of triticale



Rys. 4. Zmiana jednostkowej dawki powietrza dla pszenicy
Fig. 4. Changes of nominal dose of air in case of wheat

Wydajność powietrza tłoczonego do silosu można zmieniać poprzez zmianę prędkości obrotowej wirnika wentylatora. Obecnie powszechną metodą sterowania napędami elektrycznymi jest montowanie przemienników częstotliwości. Analizując wyniki badań możemy zaoszczędzić energię zmniejszając dawkę powietrza do 50 m³·Mg⁻¹·h⁻¹ dla warstwy od 1 do 4 m.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Zmniejszenie grubości warstwy nasion składowanych w silosie powoduje istotne zmniejszenie wydajności powietrza przepływającego w przestrzeniach międzyziarnowych.
2. Istotnym parametrem charakteryzującym proces przewietrzania ziarna jest jednostkowa dawka powietrza. W badanym silosie przy grubości 1 m wynosiła 347 m³·Mg⁻¹·h⁻¹, zmniejszała się do 64 m³·Mg⁻¹·h⁻¹ przy warstwie 4 m.
3. Utrzymanie zalecanej minimalnej dawki powietrza do przewietrzania ziarna można uzyskać poprzez zmianę charakterystyki wentylatora zmniejszając prędkość obrotową silnika w zależności od wysokości warstwy ziarna poprzez instalowanie przemienników częstotliwości.

LITERATURA

1. **Bowszys J. 2003.** Rozkład temperatur w masie ziarna pszenicy przechowywanej w metalowych silosach zbożowych. Proceedings of National Agricultural University of Ukraine, „Mechanization of Agricultural Production”, Kyiv, 14:173-179
2. **Bowszys J. 2006.** Doskonalenie technologii suszenia i przechowywania w cylindrycznych silosach zbożowych. Zeszyt 302. Wydział Inżynierii Produkcji AR Lublin.
3. **Bowszys J., Grabowski J., Tomczykowski J. 2004.** Temperatures in seed mass stored in a metallic immediately after harvest. Techn. Sc. 7/2004.
4. **Bowszys J., Majchrzak B. 2002.** Storing grain of winter wheat in metallic elevators with regard to the grain wholeness. Pol. J. Sc., 10 (1):9-19.
5. **Bowszys J., Rogowski J. 1999a.** Preliminary studies on the application on the spreading chute for batching large cereal silos. Acta. Acad. Agricult. Techn. Ols. Technical Sciences. 2: 5-11.
6. **Bowszys J., Tomczykowski J. 2007.** Self-segregation of maize kernels during gravitational discharge from a silo. TEKA Kom. Mot. Power Ind. Agricult. VII. 38-43.
7. **Bowszys J., Tworkowski J. 2003.** Wheat grain storing in metal elevators with regard to physical changes and sowing value. Techn. Sc., 6: 25-38.
8. **Grzesiuk S., Górecki R. 1994.** Fizjologia plonów. Wprowadzenie do przechowania. Wyd. ART. Olsztyn.
9. **Horabik I. 1994.** Wpływ właściwości mechanicznych ziarna pszenicy na rozkład obciążenia w zbiorniku. Rozprawy nauk. Acta Agrophysica 1.
10. Instrukcja obsługi – Silosy Zbożowe BIN.
11. **Kusińska E. 1996.** Zjawiska towarzyszące migracji wilgoci w silosie zbożowym. Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln., 425 (2).
12. **Kusińska E. 2000.** Wpływ czasu przechowywania na własności fizyczne ziarna żyta. Inżynieria Rolnicza, 5: 125-132.
13. **Kusińska E. 2002.** Wpływ zawartości wody i temperatury ziarna pszenicy na napór poziomy w modelowym silosie. Rozprawy Nauk. AR w Lublinie, 255.
14. **Kusińska E. 2006.** An influence of outer energy on moisture content distribution in grains stored in a model silo. TEKA Kom. Mot. Power Ind. Agricult. VI. 75-84.
15. **Kusińska E. 2007.** Influence of moisture content on temperature distribution in triticale grain during layer filling of a silo. TEKA Kom. Mot. Power Ind. Agricult. VII. 138-144.
16. **Kusińska E. 2008.** Hydraulic resistance of air flow through wheat grain in bulk. TEKA Kom. Mot. Power Ind. Agricult. VIII. 121-127.
17. **Narkiewicz – Jodko M. 1986.** Wartość siewna przechowywanego ziarna trzech zbóż w aspekcie fitopatologicznym. Zesz. Nauk. ART. Wrocław, 55.
18. **Narkiewicz – Jodko M. 1991.** Wpływ warunków zbioru na mikroflorę przechowywanego ziarna pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 180: 33-41.
19. **Szwed G., Kusińska E. 2005.** Zmiana cech geometrycznych ziarniaków pszenicy w wyniku niekorzystnych warunków przechowywania. MOTROL Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa 7, 196-207.

AN IMPACT OF THE THICKNESS OF LAYER
OF STORED GRAINS ON AIR FLOW PARAMETERS
IN ELEVATORS WITH VERTICAL VENTILATION

Summary. The objective of the study was to determine the rate of efficiency and a nominal dose of air flowing through the layer of grains stored in the elevator. The studies were carried out using cereal grains. The results of the present study indicated significant decrease in nominal airflow that depended on the thickness of layer of stored grains.

Key words: grain elevator, air efficiency, grain storage, flow resistance.