

Henryk Konopko, Waldemar Pacuk, Tatiana Wyszomirska
Politechnika Białostocka

WPLYW WŁAŚCIWOŚCI IZOLACJI NA PROCES EKSPANDOWANIA NASION W STRUMIENIU GORĄCEGO POWIETRZA

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu właściwości izolacji termicznej na proces ekspandowania nasion w strumieniu gorącego powietrza w przewodzie pneumatycznym. Zastosowano symulację komputerową procesu metodą „krok po kroku”. Obliczenia przeprowadzono dla trzech rodzajów izolacji. Wyniki obliczeń wykazały, że jakość izolacji ma znaczący wpływ na rezultaty procesu.

Słowa kluczowe: ekspandowanie, nasiona, straty ciepła

Wprowadzenie

Zaletą procesu ekspandowania w przewodach pneumatycznych jest większa, niż w przypadku urządzeń fluidalnych, intensywność wymiany ciepła między czynnikiem i nasionami. Powoduje to skrócenie czasu doprowadzania nasion do stanu krytycznego, a to umożliwia uzyskanie większej wilgotności nasion w momencie rozerwania okrywy nasiennej. Dzięki temu można osiągnąć większą ekspansję nasion. W procesie tym wymiana ciepła zachodzi również między zawieszoną gazcząstką i otoczeniem. Ze względu na wysoką temperaturę czynnika suszącego strumień ciepła traconego do otoczenia może być znaczącym składnikiem bilansu ciepła. Z tego względu urządzenia tego typu muszą być wyposażone w dobrą izolację termiczną. Straty ciepła muszą być uwzględnione w obliczeniach symulacyjnych procesu. Wpływ obecności nasion na współczynnik wnikania ciepła do ścianki rury, w której zachodzi proces ekspandowania, jest nieistotny [Avila i Cervantes 1995].

Celem pracy było określenie wpływu właściwości izolacji na ten proces.

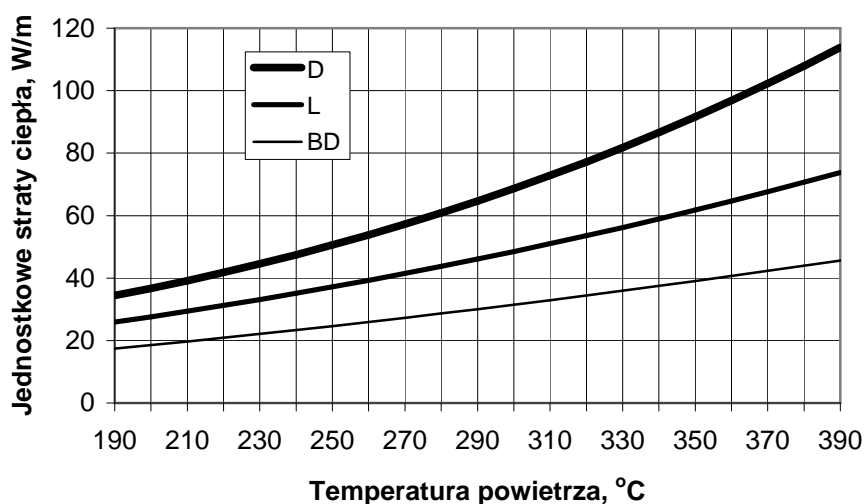
Metodyka badań

Zastosowana przez autora metoda „krok po kroku” [Konopko 2004] obliczeń symulacyjnych procesu ekspandowania nasion w przewodzie pneumatycznym wymagała znajomości temperaturowej charakterystyki materiału izolacyjnego. Doświadczenia przeprowadzono na stanowisku badawczym, którego podstawowym elementem była izolowana rura. Wyposażono ją w zestaw termopar wchodzących w skład systemu pomiaru, wizualizacji i archiwizacji temperatury gazu mierzonej w odstępach 0,5 m. Stwierdzono, że strumień masy powietrza ma (w przyjętym zakresie wartości) nieznaczący wpływ na straty ciepła. Straty ciepła do otoczenia wyznaczano na podstawie pomiarów spadku temperatury powietrza w rurze. Po wyznaczeniu tych spadków w danych warunkach obliczano całkowity strumień strat ciepła do otoczenia na danym odcinku przewodu. Następnie obliczano jednostkowe straty ciepła q_{str} . W celu umożliwienia dokonania analizy wpływu właściwości izolacji na proces ekspandowania nasion wprowadzono do obliczeń symulacyjnych inne równania dla izolacji o lepszych i wyjątkowo dobrych właściwościach izolacyjnych. Symulacja procesu dla gorszej nieco izolacji wykazała, że nasiona mogą być doprowadzone do stanu krytycznego jedynie dla najwyższych wartości temperatury początkowej powietrza: 320 i 330°C. Obliczenia przeprowadzono dla tych samych wartości następujących parametrów: średnicy nominalnej przewodu 35 mm, strumienia masy powietrza 4 g/s, strumienia masy nasion 0,4 g/s. Materiałem badawczym były nasiona amarantusa należące do klasy ziarnowej 0,8-1,0 mm.

Jako wielkości wyjściowe przyjęto: wilgotność nasion w stanie krytycznym, temperaturę powierzchni nasion w stanie krytycznym, czas doprowadzania nasion do stanu krytycznego, niezbędną długość przewodu oraz prędkość nasion w momencie osiągnięcia tego stanu. Pierwsza z nich decyduje o ekspansji nasion, gdyż siłą napędową ekspansji nasion jest przemiana wody w parę wodną. Druga z nich ma duży wpływ na jakość otrzymanego produktu, gdyż przekroczenie przez nią dozwolonej wartości wywołuje zachodzenie niekorzystnych przemian składników odżywczych. Czas doprowadzania nasion do stanu krytycznego (wraz ze średnią wartością prędkości nasion) decyduje o niezbędnej długości przewodu. Ostatnia z wymienionych wielkości umożliwia ocenę bezpieczeństwa transportu nasion w końcowym odcinku przewodu. W zdefiniowanym w innej pracy autora [Konopko 2004] stanie krytycznym nasiona osiągają średnią temperaturę, przy której ciśnienie wewnątrz nich jest zdolne rozzerwać okrywę nasienną i w ten sposób zainicjować ekspansję ziaren upłynnionej skrobi i tym samym całego nasienia.

Wyniki badań i ich dyskusja

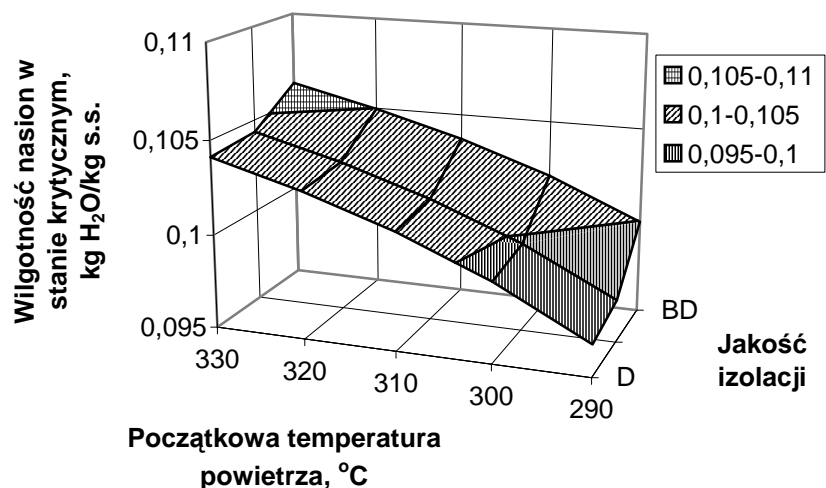
Przeprowadzone eksperymenty umożliwiły sporządzenie temperaturowych charakterystyk (rys. 1) trzech rodzajów izolacji: dobrej (D), lepszej od niej (L) oraz wyjątkowo dobrej (BD). Opisujące je równania zostały użyte w obliczeniach wymiany pędu, ciepła i masy w procesie. Ze względu na konieczność zapewnienia dodatniej różnicy temperatur powietrza i nasion w końcowej części przewodu badania rozpoczęto od temperatury powietrza równej 190°C. Największa przyjęta wartość tej temperatury wynosiła 390°C. W przeprowadzonych dotąd badaniach procesu termicznego ekspandowania nasion nie stosowano wyższej temperatury powietrza. Otrzymane zależności mają postać typową dla pracujących w wysokich temperaturach izolacji termicznych. Wpływ właściwości izolacji oraz początkowej temperatury powietrza na proces ekspandowania nasion przedstawiają kolejne rysunki.



Rys. 1. Zależność jednostkowych strat ciepła do otoczenia od temperatury powietrza w przewodzie dla trzech izolacji

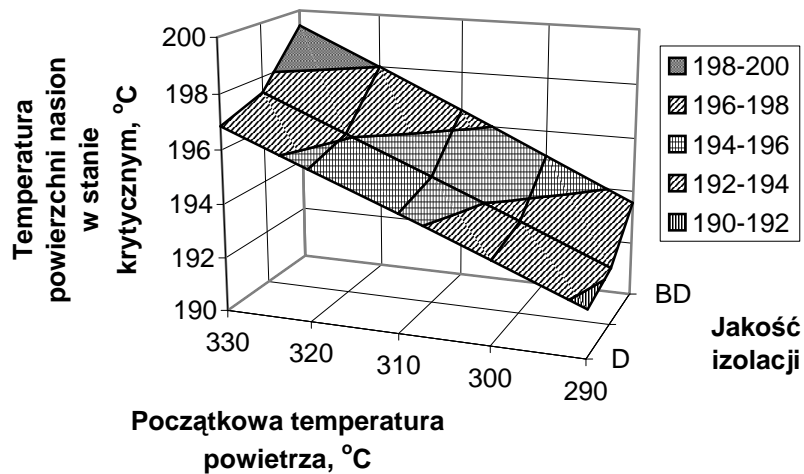
Fig. 1. Dependence of unit heat losses to the environment from the air temperature in the conduit for three insulations

Otrzymane wyniki (rys. 2 i 3) dowodzą znaczącego wpływu właściwości izolacji na parametry decydujące o jakości otrzymywanego produktu. Zastosowanie lepszej izolacji powoduje zwiększenie wilgotności nasion w stanie krytycznym (co jest korzystne) oraz podwyższenie temperatury ich powierzchni w tym stanie (co jest z kolei niekorzystne). Należy jednak stwierdzić, że wpływ początkowej temperatury powietrza na te wielkości jest znacznie większy.



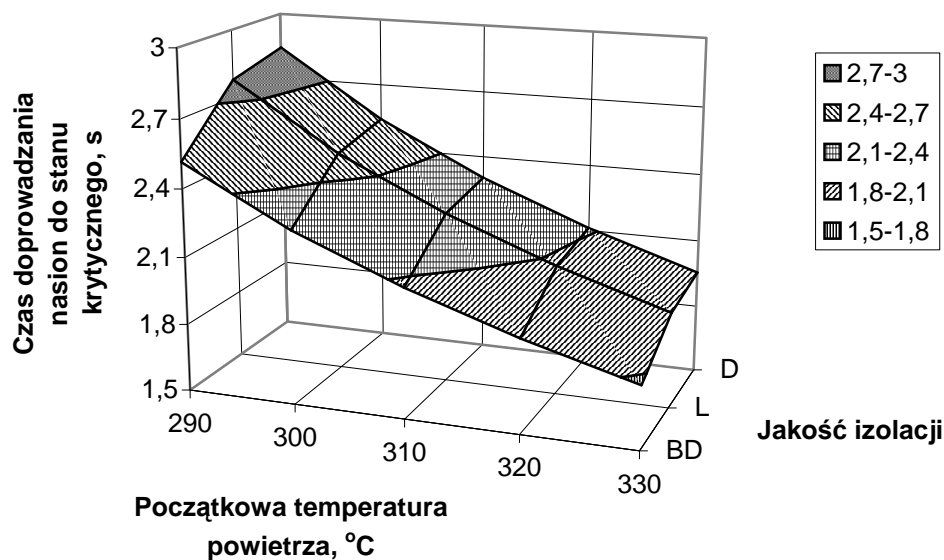
Rys. 2. Wpływ jakości izolacji i początkowej temperatury powietrza na wilgotność nasion w stanie krytycznym

Fig. 2. Impact of the insulation quality and initial air temperature on the humidity of the seeds in critical state



Rys. 3. Wpływ jakości izolacji i początkowej temperatury powietrza na temperaturę powierzchni nasion w stanie krytycznym

Fig. 3. Impact of the insulation quality and initial air temperature on the temperature of the surface of the seeds in critical state

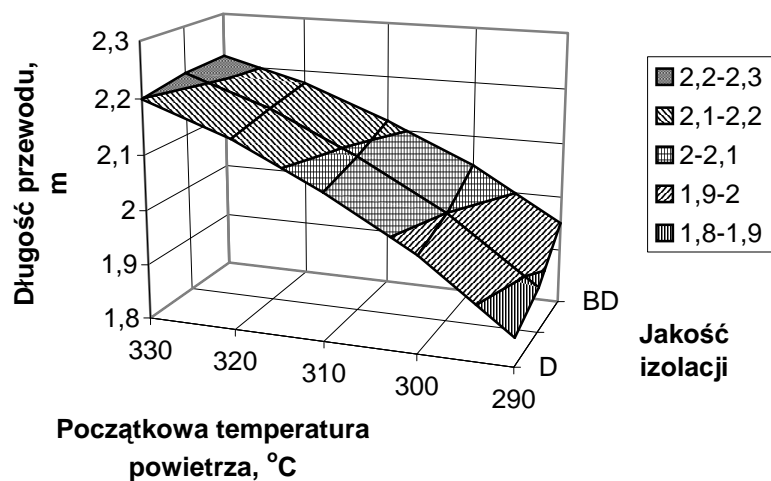


Rys. 4. Wpływ jakości izolacji i początkowej temperatury powietrza na czas doprowadzania nasion do stanu krytycznego

Fig. 4. Impact of the insulation quality and initial air temperature on the time needed to bring the seeds to critical state

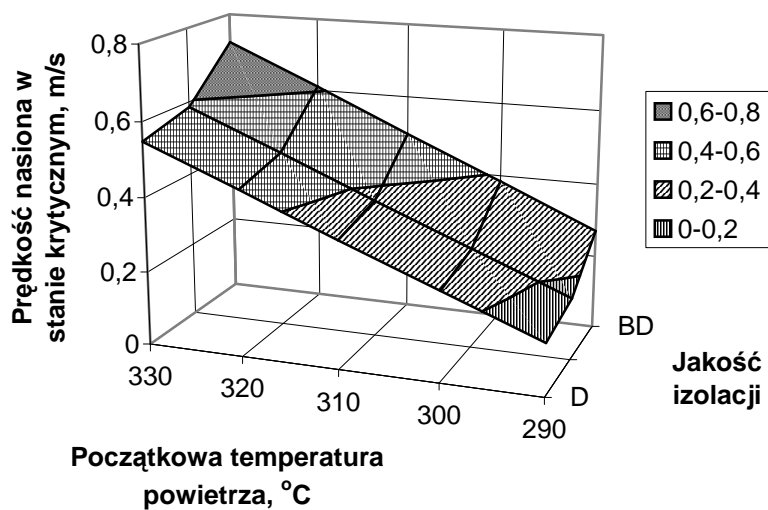
Zastosowanie lepszej izolacji termicznej powoduje niewielkie zmniejszenie czasu doprowadzania nasion do stanu krytycznego.

Jakość izolacji ma niewielki wpływ na długość przewodu. Bez analizy równań zastosowanych w obliczeniach symulacyjnych zaskakujące może być wydłużenie przewodu w miarę wzrostu skuteczności izolacji termicznej. Przyczyną takiej właśnie zależności jest zmniejszanie gęstości powietrza wraz ze wzrostem jego temperatury, wywołanej mniejszymi startami ciepła do otoczenia. Przy bardzo mało zmieniającej się wartości strumienia masy powietrza powoduje to zwiększenie prędkości powietrza, a to z kolei zwiększenie prędkości nasion i długości przewodu.



Rys. 5. Wpływ jakości izolacji i początkowej temperatury powietrza na długość przewodu

Fig. 5. Impact of the insulation quality and initial air temperature on the conduit length



Rys. 6. Wpływ jakości izolacji i początkowej temperatury powietrza na prędkość nasion w momencie osiągnięcia przez nie stanu krytycznego

Fig. 6. Impact of the insulation quality and initial air temperature on the speed of the seeds while reaching critical state

Wyniki przedstawione na rysunku 6 dowodzą, że obniżanie początkowej temperatury powietrza zmniejsza prędkość nasion w stanie krytycznym do wartości bliskich zera. Grozi to przegrzaniem największych nasion i ich spalaniem. Zastosowanie lepszej izolacji termicznej poprawia nieco sytuację.

Wnioski

1. Wykonane badania wykazały, że temperatura powietrza ma dwojaki wpływ na lokalne jednostkowe straty ciepła z danego izolowanego przewodu do otoczenia. Zależy od niej siła napędowa przenikania ciepła oraz właściwości materiału izolacyjnego.
2. Zastosowanie (w tych samych warunkach) lepszej izolacji termicznej powoduje korzystne dla jakości produktu zwiększenie wilgotności nasion w stanie krytycznym, ale z drugiej strony – niekorzystne dla tej jakości podwyższenie temperatury powierzchni nasion. Powoduje również niewielkie skrócenie czasu doprowadzania nasion do stanu krytycznego oraz niezbędnej długości przewodu.
3. Występujące (przy najmniejszych wartościach początkowej temperatury powietrza) niebezpieczeństwo ustania ruchu nasion zmniejsza się znacząco po zastosowaniu bardziej skutecznej izolacji termicznej.
4. Zastosowanie bardzo dobrej izolacji termicznej umożliwia obniżenie początkowej temperatury powietrza.

Bibliografia

Avila R., Cervantes J. 1995. Analysis of heat transfer coefficient in a turbulent particle pipe flow. *Int. J. Heat and Mass Transfer*, vol. 38, No. 11, s. 1923-1932.

Konopko H. 2004. Analiza procesu ekspandowania nasion w przewodzie pneumatycznym. *Rozprawy Akademii Rolniczej w Lublinie*, zeszyt 280, Wydział Inżynierii Produkcji, Lublin.

Publikację opracowano w ramach realizacji pracy własnej W/WM/4/04

IMPACT OF INSULATION PROPERTIES ON THE PROCESS OF SEED EXPANSION IN HOT AIR STREAM

Summary

The purpose of the study was to determine the impact of thermal insulation properties on the process of seed expansion in hot air stream in a pneumatic conduit. A computer simulation was done by using the „step-by-step” method. The calculations were done for three types of insulation. The calculation results showed that the quality of the insulation has a significant effect on results of the process.

Key words: expansion, heat losses, seed