

WYMIANA CIEPŁA W PROCESIE TERMICZNEGO EKSPANDOWANIA NASION PROSA W STRUMIENIU GORĄCEGO POWIETRZA

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki symulacji komputerowej procesu termicznego ekspandowania nasion prosa w przewodzie pneumatycznym. Świadczą one o dużym wpływie przyjętych wielkości wejściowych na wymianę ciepła w okresie doprowadzania nasion do stanu krytycznego.

Słowa kluczowe: ekspandowanie termiczne, nasiona prosa.

Wprowadzenie

Celem pracy było przeprowadzenie analizy wpływu wielkości wejściowych sterujących procesem ekspandowania nasion prosa w strumieniu gorącego powietrza w pionowym przewodzie na wymianę ciepła pomiędzy powietrzem i nasionami.

Wielkościami wejściowymi były początkowe wartości: temperatury powietrza, strumienia masy powietrza oraz strumienia masy nasion. Jako wielkości wyjściowe przyjęto średnie wartości: współczynnika wnikania ciepła, gęstości strumienia ciepła i strumienia ciepła wnikającego do nasienia w okresie jego doprowadzania do stanu krytycznego. W stanie krytycznym skrobia nasion jest upłynniona, a średnia ich temperatura osiąga wartość krytyczną odpowiadającą takiemu ciśnieniu wewnątrz nasienia, przy którym rozrywa się jego okrywa i rozpoczyna się ekspansja ziaren skrobi [Konopko 2004a].

Model procesu i metodyka obliczeń

Dla zrealizowania tak sformułowanego celu konieczne było opracowanie modelu procesu ekspandowania oraz algorytmu obliczeń i specjalnego programu komputerowego. Przyjęto, że w fizycznym modelu tego procesu można wyodrębnić dwa etapy. W pierwszym z nich, przebiegającym przy średniej temperaturze nasion mniejszej od krytycznej, zachodzi ich podgrzewanie i częściowe suszenie. Po osiągnięciu przez tę temperaturę wartości krytycznej, postępuje dalsze suszenie nasion, a także przemiany skrobi, protein i tłuszczu zachodzące bez zmiany temperatury nasion. Osiągnięcie przez nasiona temperatury krytycznej oraz przejęcie całego niezbędnego ciepła, kończy proces doprowadzania ich do stanu krytycznego. W tym momencie następuje rozerwanie okrywy nasiennej i bardzo szybko zachodzi ekspansja ziaren skrobi. Wywołuje ją przemiana pozostałej do tego momentu w nasionach wody w parę wodną. Dalsze ogrzewanie nasion doprowadza do wzrostu temperatury nasion powyżej wartości krytycznej i dalszych przemian ich składników, co pogarsza jakość produktu. Podstawowe równania modelu zostały przedstawione w innej pracy autora [Konopko 2004a].

Obliczenia prowadzono metodą krok po kroku, aż do momentu doprowadzenia nasienia do stanu krytycznego. Opracowana metodyka obliczeń umożliwia określenie takich wartości wielkości wejściowych, przy których można uzyskać produkt wysokiej jakości. Nie jest to możliwe bez spełnienia czterech podstawowych warunków: transportu nasion do momentu rozerwania okrywy nasiennej, doprowadzenia do nasion niezbędnego ciepła, nie przekroczenia maksymalnej dopuszczalnej temperatury powierzchni nasion oraz uzyskania końcowej zawartości wody w nasionach zapewniającej osiągnięcie maksymalnej ich ekspansji.

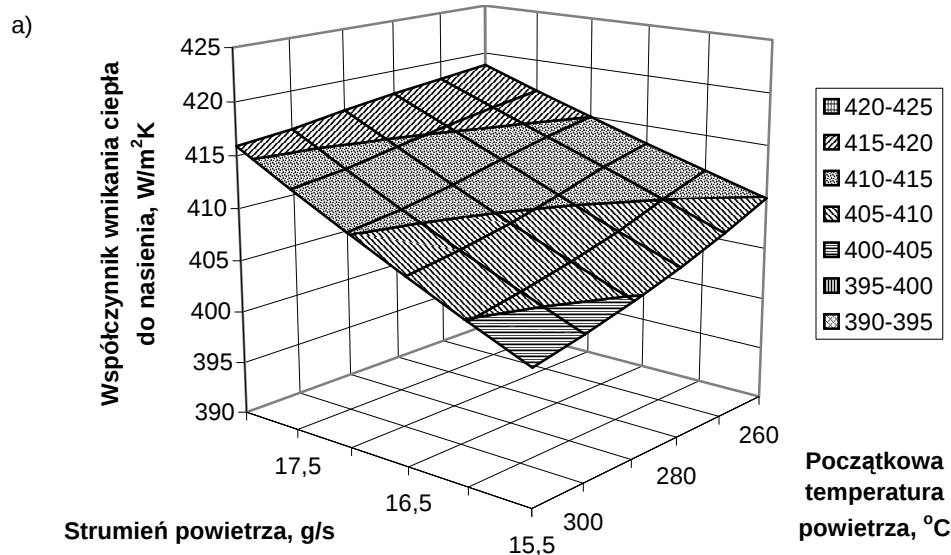
Dla realizacji celu pracy opracowano specjalistyczny program komputerowy oraz ogólny algorytm określania przebiegu procesu doprowadzania nasion do stanu krytycznego.

W części obliczeń procesu dotyczącej wymiany ciepła algorytm ten nakazywał obliczenie w każdym kroku kolejno następujących parametrów:

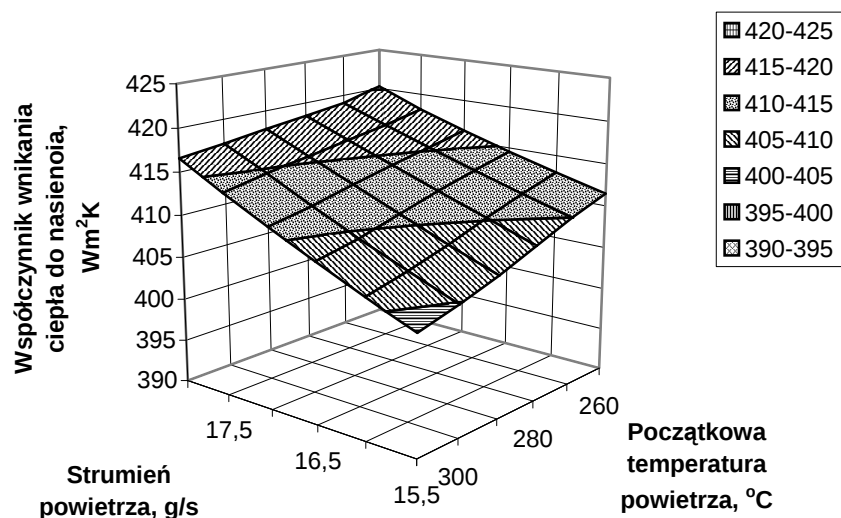
- ciepła właściwego powietrza,
- średniej temperatury powietrza w warstwie laminarnej,
- współczynnika przewodzenia ciepła powietrza o tej temperaturze,
- lepkości dynamicznej powietrza o tej samej temperaturze,
- liczb Prandtla i Reynoldsa dla powietrza w warstwie laminarnej,
- liczby Nusselt'a dla wymiany ciepła pomiędzy powietrzem i nasieniem,
- współczynnika wnikania ciepła do nasienia,
- współczynników przewodzenia ciepła poszczególnych składników nasienia dla jego średniej temperatury,
- objętościowych udziałów poszczególnych składników w nasieniu,
- współczynnika przewodzenia ciepła nasienia dla średniej jego temperatury,
- ciepła właściwego substancji suchej nasienia dla średniej jego temperatury,
- ciepła właściwego nasienia dla średniej jego temperatury,
- współczynnika wyrównywania temperatury nasienia,
- promienia zastępczego nasienia,
- liczb Fouriera i Biota,
- współczynnika κ_i ,
- temperatury na powierzchni nasienia,
- gęstości strumienia ciepła do nasienia,
- strumienia ciepła oddawanego przez powietrze do nasienia.

Wyniki obliczeń i ich dyskusja

Wyniki obliczeń przedstawiają rysunki 1-3.



b)

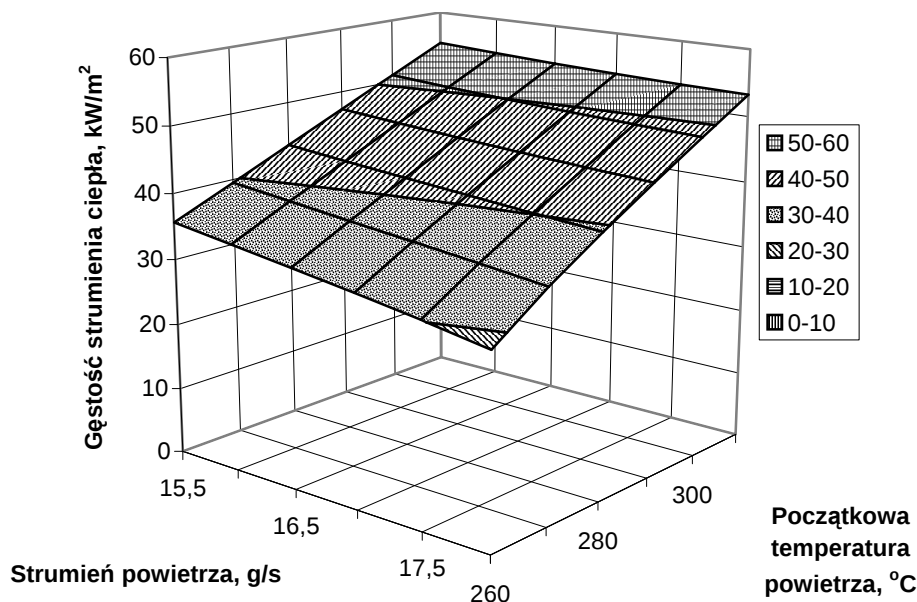


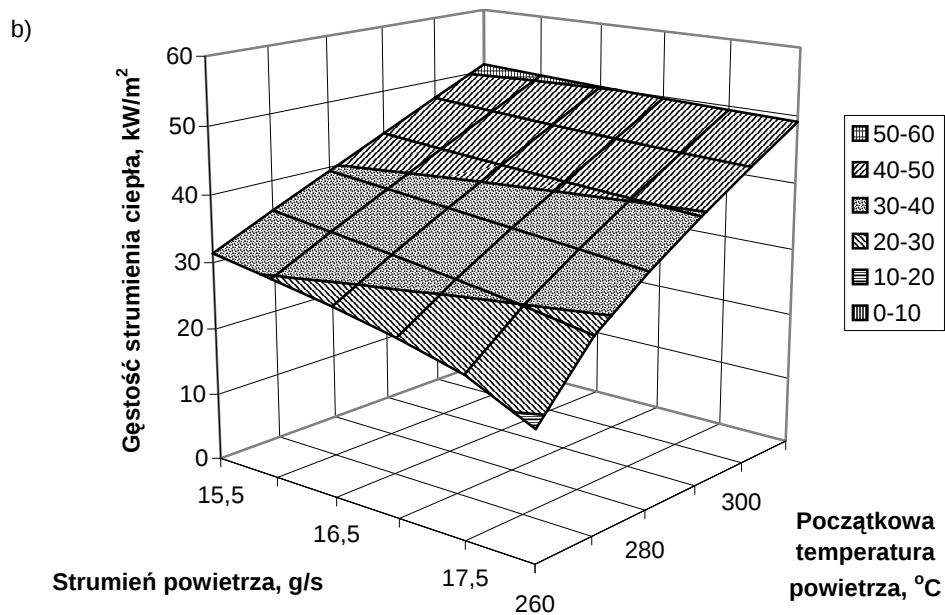
Rys. 1. Wpływ strumienia masy powietrza i jego początkowej temperatury na średnią wartość współczynnika wnikania ciepła do nasienia przy strumieniu nasion: a) 0,5; b) 1,0 g/s

Fig. 1. Effect of air mass stream and its initial temperature on average value of heat penetration coefficient into seeds at seed stream (a) 0.5, (b) 1.0 g/s.

Otrzymane wyniki świadczą o nieznacznym wpływie przyjętych wielkości wejściowych (w przyjętym zakresie ich wartości) na współczynnik wnikania ciepła do nasienia. Największa różnica wartości tego współczynnika nie przekracza 5%. Tym niemniej należy stwierdzić, że największe jego wartości otrzymano dla największego strumienia powietrza i najniższej jego temperatury.

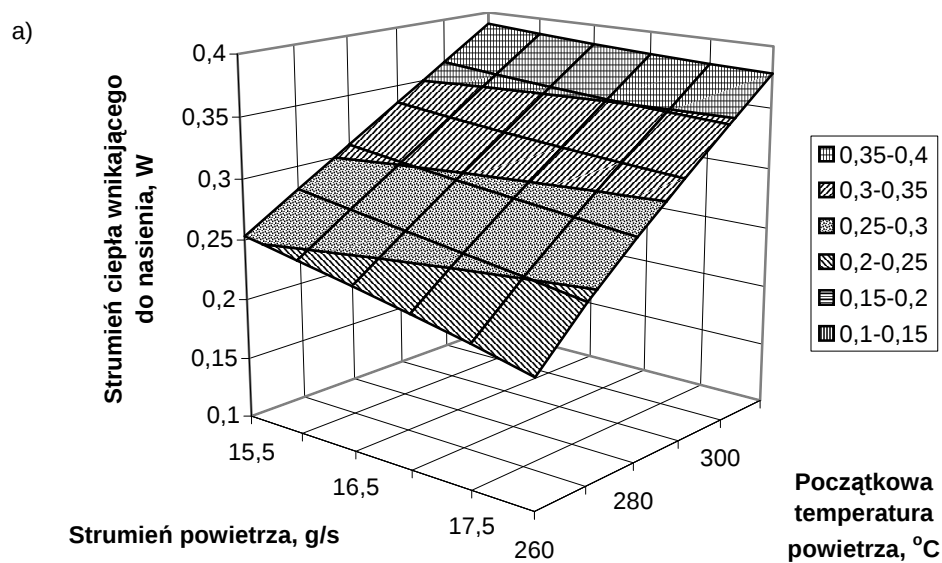
a)

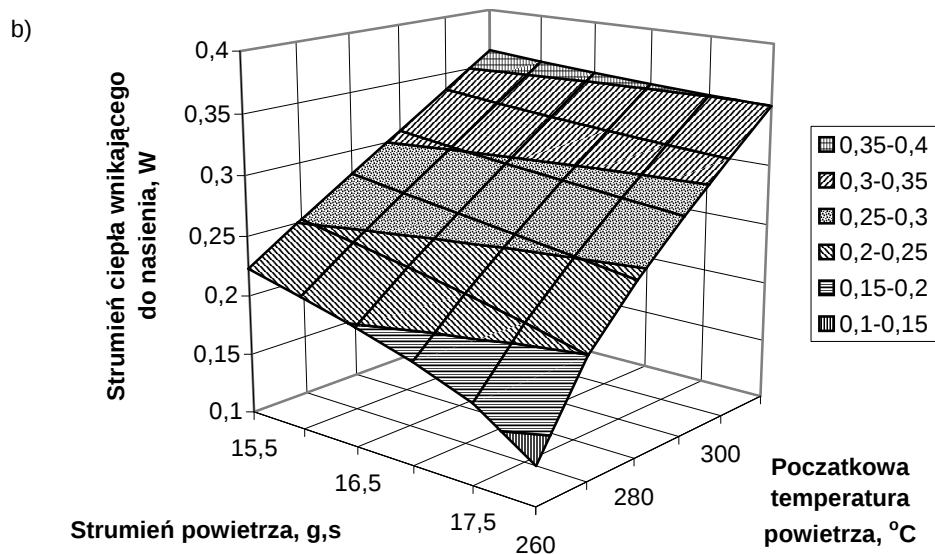




Rys. 2. Wpływ strumienia masy powietrza i jego początkowej temperatury na średnią wartość gęstości strumienia ciepła do nasienia przy strumieniu nasion: a) 0,5; b) 1,0 g/s

Fig. 2. Effect of air mass stream and its initial temperature on average value of heat flux density into seeds at seed stream (a) 0.5, (b) 1.0 g/s.





Rys. 3. Wpływ strumienia masy powietrza i jego początkowej temperatury na średnią wartość strumienia ciepła do nasienia przy strumieniu nasion: a) 0,5; b) 1,0 g/s

Fig. 3. Effect of air mass stream and its initial temperature on average value of heat flux into seeds at seed stream (a) 0.5, (b) 1.0 g/s.

Znacznie większy jest wpływ wielkości wejściowych na średnie wartości gęstości strumienia ciepła wnikającego do nasienia i strumienia tego ciepła. W największym stopniu dotyczy to początkowej temperatury powietrza i jego strumienia. W szczególności zwiększanie początkowej temperatury powietrza powoduje znaczny wzrost średniej wartości gęstości strumienia ciepła i strumienia ciepła wnikającego do nasienia. Jest to spowodowane zwiększeniem siły napędowej wymiany ciepła pomiędzy powietrzem i nasionami. Strumień powietrza ma mniejszy wpływ na te wielkości wyjściowe. Należy jednak odnotować, że wpływ ten wzrasta w miarę zmniejszania początkowej temperatury powietrza oraz zwiększania strumienia nasion. To z kolei jest spowodowane przez zwiększony spadek temperatury powietrza w przewodzie wskutek: wymiany ciepła z większą ilością nasion, a także zwiększonych strat ciepła w dłuższym (ze względu na większą prędkość nasion) przewodzie.

Bardziej intensywna (świadczą o niej duże wartości strumienia ciepła) wymiana ciepła pomiędzy powietrzem i nasionami powoduje, że temperatura powierzchni nasion jest wyższa, a więc mniej korzystna dla jakości produktu [Konopko 2004b]. W tych samych warunkach osiągana jest większa (korzystna dla jakości produktu) zawartość wody w nasionach w stanie krytycznym. Tak więc optymalna wymiana ciepła w procesie ma charakter kompromisu.

Podsumowanie

1. Przyjęte wielkości wejściowe (początkowa temperatura powietrza oraz strumień powietrza i nasion) tylko w bardzo małym stopniu wpływają na współczynnik wnikania ciepła do nasienia.
2. Znacznie większy jest wpływ wielkości wejściowych na średnie wartości gęstości strumienia ciepła wnikającego do nasienia i strumienia tego ciepła.
3. Wpływ strumienia nasion na wymianę ciepła ujawnia się w przypadku zastosowania jednocześnie niskiej początkowej temperatury powietrza i dużego strumienia jego masy.

-
4. Wymiana ciepła ma duży wpływ na wielkości wyjściowe decydujące o jakości produktu.

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

Bibliografia

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

Konopko H. 2004b, Symulacja procesu ekspandowania nasion prosa w strumieniu gorącego powietrza. Inżynieria Rolnicza (w druku).

HEAT EXCHANGING AT THERMAL EXPANDING OF THE MILLET SEEDS IN A STREAM OF HOT AIR

Summary

Paper presented computer simulation concerning thermal expanding process of the millet seeds in a pneumatic duct. The simulation results showed a strong influence of assumed input values on heat exchange in the period of bringing on the seeds to critical state.

Key words: thermal expanding, millet seeds, computer simulation

Recenzent-Józef Grochowicz