

Bartosz Pieczaba*, Karol Statkiewicz

Katedra Aparatury i Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

OPORY PRZEPIYU POWIETRZA W ZŁOŻU PULSOFLUIDALNYM Z CYKLICZNIE PRZEMIESZCZANYM STRUMIENIEM GAZU W KOMORZE ZRASZANEJ

Streszczenie: Wiele procesów technologicznych wymaga określonych parametrów powietrza, w jakich ich przebieg jest najefektywniejszy (tzw. klimatyzacja przemysłowa). Jednocześnie obserwujemy stale rosnące wymagania użytkowników pomieszczeń (tzw. klimatyzacja komfortu). W urządzeniach klimatyzacyjnych następuje termodynamiczne uzdatnienie powietrza zewnętrznego do stanu, w jakim ma być nawiewane do pomieszczeń. Jednym z podstawowych procesów uzdatniania powietrza jest jego nawilżanie (oprócz ogrzewania, chłodzenia i osuszania). Celem pracy jest przedstawienie nowej metody nawilżania powietrza w klimatyzacjach przemysłowych. Zaadaptowano układ pulsofluidalny z cyklicznie przemieszczanym strumieniem gazu.

Słowa kluczowe: nawilżanie powietrza, klimatyzacja, układ pulsofluidalny.

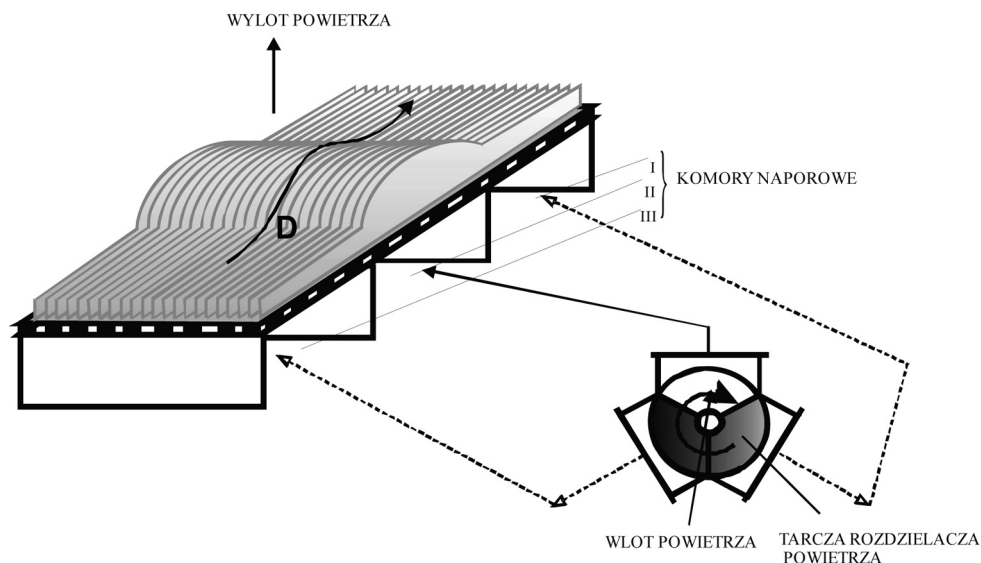
1. Wstęp

Wiele procesów technologicznych może przebiegać efektywnie przy jednoznacznie określonych parametrach powietrza (temperatura i wilgotność względna). Szczególnie istotne jest nawilżanie powietrza w okresie zimowym, np. przy temperaturze $t = -18^{\circ}\text{C}$ zawartość wilgoci $W = 0,7675$ g/kg p.s. przy wilgotności względnej $\varphi = 100\%$. Po ogrzaniu takiego powietrza do temperatury $t = +20^{\circ}\text{C}$ bez nawilżenia otrzymamy powietrze o wilgotności względnej zaledwie $\varphi = 5,3\%$ (gdy np. zalecany poziom wilgotności względnej w pomieszczeniach bytowych wynosi od 35 do 65%) [1; 2].

Nawilżanie powietrza w klimatyzatorach przemysłowych realizowane jest najczęściej w nawilżaczach parowych albo poprzez bezpośredni kontakt z wodą w komorach zraszanych, w komorach z powierzchnią zraszaną lub nawilżaczach rozpyłowych.

* Adres do korespondencji: bartosz.pieczaba@ue.wroc.pl.

Obecnie trwają prace nad zastosowaniem ruchomego wypełnienia w komorach zraszanych [3–6]. Zaproponowany układ pulsofluidalny z cyklicznie przemieszczanym strumieniem gazu był wykorzystany w suszarniach pulsofluidyzacyjnych i charakteryzuje się wysokimi walorami użytkowymi (wysoka intensywność wymiany ciepła i masy [7–9]. Zasadę uzyskania układu pulsofluidalnego pokazuje rysunek 1.



Rys. 1. Schemat ideowy układu pulsofluidalnego z cyklicznie przemieszczanym strumieniem gazu

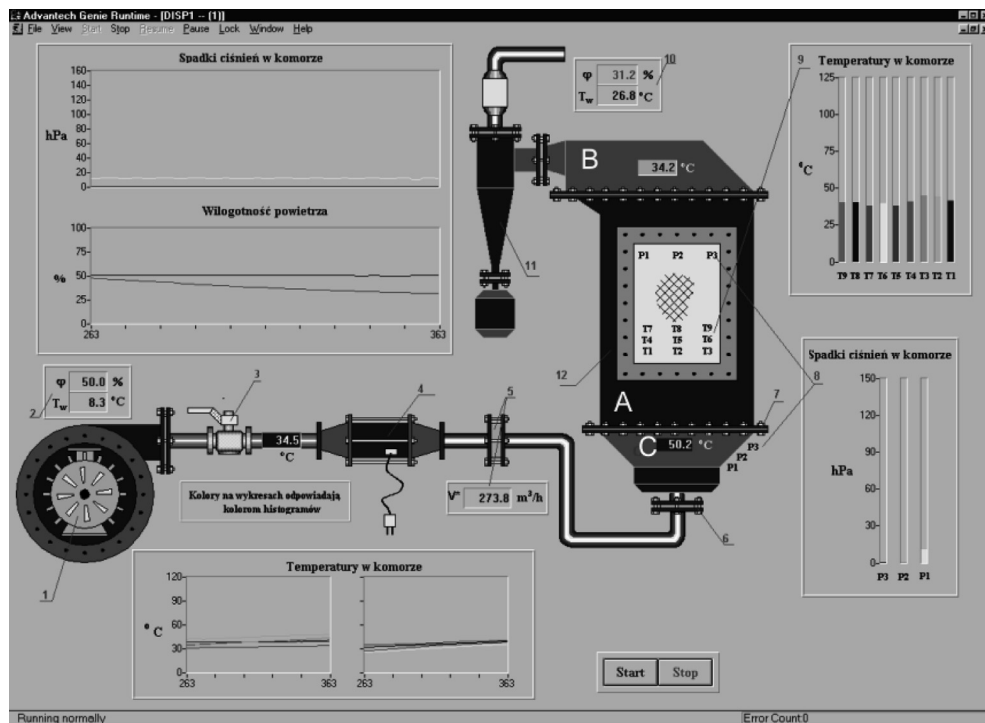
Źródło: opracowanie własne.

Wirująca tarcza rozdzielacza gazu cyklicznie odsłania kolejne przekroje króćców wylotowych rozdzielacza, które połączone są rurociągami z odpowiednimi komorami naporowymi nawilżacza. Poprzez prześwity króćców powietrze dopływa do kolejnych komór naporowych, a następnie przepływa przez przylegające fragmenty półki sitowej, gdzie wchodząc w kontakt z materiałem ziarnistym, powoduje jego upłynnienie i pulsację złoża. W wyniku obrotu tarczy możemy zaobserwować „strumień pulsacji” oznaczony literą „D”.

2. Stanowisko i materiały badawcze

Badania eksperymentalne przeprowadzono na stanowisku badawczym wyposażonym w trójkomorowy aparat pulsofluidyzacyjny, schematycznie pokazany na rysunku 2. Stanowisko to umożliwiło przeprowadzenie badań aerodynamiki i kinetyki

wymiany ciepła i było wyposażone w wentylator 1, zawór regulacyjny 3, nagrzewnicę powietrza 4, kryzę pomiarową 5, tarczowy rozdzielacz gazu 6, aparat pulsofluidyzacyjny 12, cyklonowy łapacz pyłu 11, instalację nawilżanego powietrza i inerty oraz instalację kontrolno-pomiarową. W aparacie pulsofluidyzacyjnym 12 można wyróżnić komorę zraszania A oddzieloną od komór naporowych C półką szczelną 7 oraz ruchomą pokrywę górną B.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

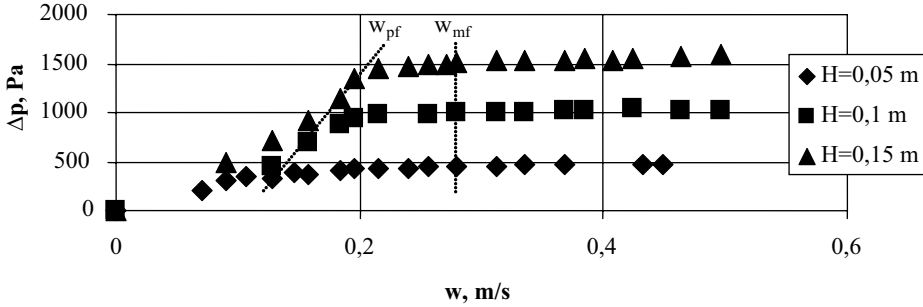
Źródło: opracowanie własne.

Zraszanie realizowano za pomocą pomp infuzyjnych. Materiałem zraszającym był polipropylen o średnicy zastępczej $d_e = 3,9$ i $4,9$ mm. Badania przeprowadzono dla dwóch stopni zraszania $B = 0,005$ i $B = 0,01$, dla dolnej prędkości pulsofluidyzacji w_{dp} oraz dla częstotliwości pulsacji powietrza $f = 8$ Hz.

3. Wyniki badań i ich omówienie

Przykładowe krzywe pulsofluidyzacji dla polipropylenu o $d_e = 3,9$ mm przedstawiono na wykresach (rys. 3-5).

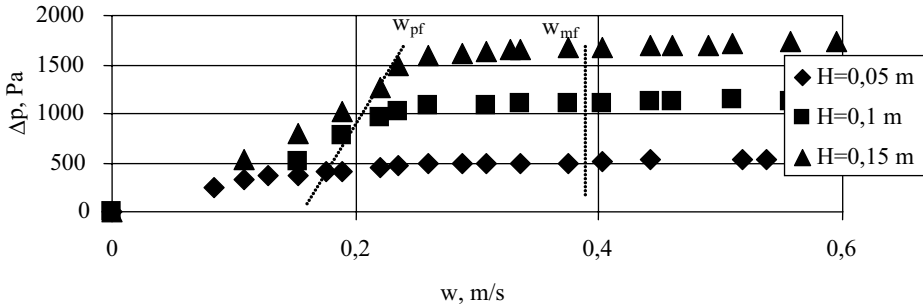
Przykładowe krzywe pulsofluidyzacji dla suchego polipropylenu
o $d_e=3,9$ mm



Rys. 3. Przykładowe krzywe pulsofluidyzacji dla suchego polipropylenu o $d_e=3,9$ mm

Źródło: opracowanie własne.

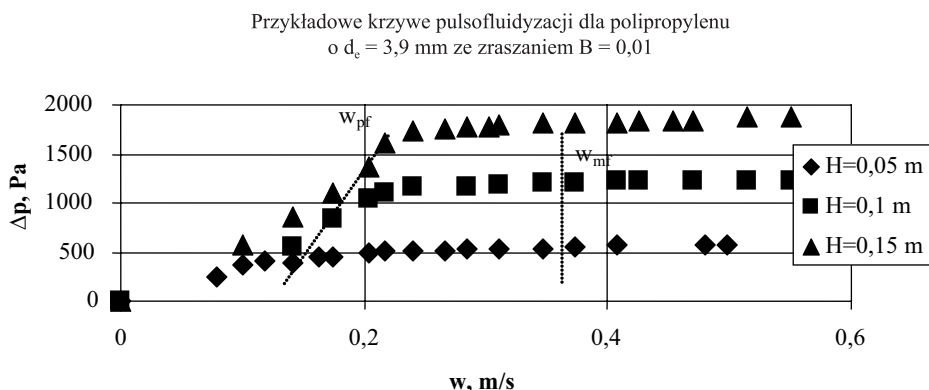
Przykładowe krzywe pulsofluidyzacji dla polipropylenu
o $d_e=3,9$ mm ze zraszaniem $B=0,005$



Rys. 4. Przykładowe krzywe pulsofluidyzacji dla polipropylenu o $d_e=3,9$ mm ze zraszaniem $B=0,005$

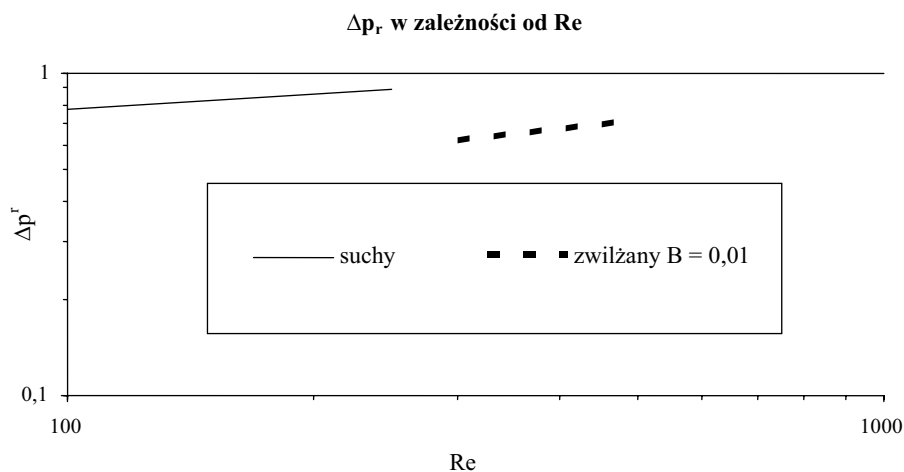
Źródło: opracowanie własne.

Jak widać z załączonych wykresów, wzrost stopnia zraszania B (od 0 do 0,01) nie ma wpływu na stopień upłynnienia złoża (osiągnięcie przez powietrze w aparacie dolnej prędkości pulsofluidyzacji w_{pf}). Upłynnienie złoża w każdym przypadku występowało w zakresie prędkości powietrza od 0,15 do 0,22 m/s. Maksymalne rozwinięcie powierzchni kontaktu pomiędzy powietrzem, wypełnieniem komory zwilżanej występuje przy podobnych prędkościach powietrza, co więcej prędkości te są dwa razy mniejsze niż prędkość początku fluidyzacji konwencjonalnego układu fluidalnego w_{mf} . Z wykresów wynika również, że zwiększenie ilości wypełnienia, a co za tym idzie powierzchni zwilżanej, nie powoduje radykalnego wzrostu prędkości upłynnienia wypełnienia.



Rys. 5. Przykładowe krzywe pulsofluidyzacji dla polipropylenu o $d_c = 3,9$ mm ze zraszaniem $B = 0,01$
Źródło: opracowanie własne.

Ważnym parametrem opisującym strukturę złoża pulsofluidalnego są opory zredukowane Δp_r , definiowane jako iloraz $\Delta p / \Delta p_{st}$. Dla układów, dla których Δp_r zbliża się do jedności – złożo wypełnienia jest najlepiej przemieszane [10;11]. Mamy wtedy do czynienia z najlepszym rozproszaniem wody w wypełnieniu komory zraszania. Rysunek 6 przedstawia opory zredukowane wyznaczone w badanym układzie.



Rys. 6. Opory zredukowane dla polipropylenu suchego i zwilżanego
Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z przedstawionego wykresu, opory zredukowane dla zwilżanego polipropylenu sięgają wartości 0,8. Biorąc pod uwagę, że dotyczy to dolnej prędkości

pulsofluidyzacji, widać, że struktura złoża jest bardzo dobra i dobre jest rozprzewadzenie wody w całej objętości wypełnienia.

4. Podsumowanie

Zastosowanie nowych metod nawilżania powietrza w klimatyzatorach przemysłowych wzbudza ciągle zainteresowanie wielu ośrodków badawczych. Przedstawione wyniki wskazują, że układ pulsofluidyzacyjny może być zastosowany w tego typu urządzeniach ze względu na niskie prędkości upłynnienia wypełnienia oraz na dobre rozprzewadzenia wody w całej objętości.

Oznaczenia do rysunków 3-6:

d – średnica [m]

H – wysokość [m]

w – prędkość gazu [m/s]

B – stopień zraszania

Δp – spadek ciśnienia

f – częstotliwość [Hz]

p – ciśnienie [Pa]

Indeksy:

e – zastępcza

mf – minimalna fluidyzacji

r – zredukowany

w – wody

g – gazu

pf – dolna pulsofluidyzacji

st – statyczna

Literatura

- [1] Kobza Z., Kostyrko K., *Metrologia mikroklimatu pomieszczenia i środowiskowych wielkości fizycznych*, cz. 1 i 2, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2003.
- [2] Recknagel H., Sprengel E., Hoenman W., Schramek E.R., *Poradnik – ogrzewanie i klimatyzacja z uwzględnieniem chłodnictwa i zaopatrzenia w ciepłą wodę*, EWFE, Gdańsk 1994.
- [3] Bolek S., Gorczakowski A., Kasieczka W., *Fluidyzacja w klimatyzacji*, XXXIV Dni Chłodnictwa i Klimatyzacji, Konferencja Naukowo- Techniczna „Aktualne tendencje w zakresie rozwiązań urządzeń i systemów stosowanych w nowoczesnym chłodnictwie i klimatyzacji”, Poznań 10-12.09.2002, Materiały Konferencyjne, s. 41-45.
- [4] Dyjakon A., Dyjakon J., *Zastosowanie złoża fluidalnego w technice*, cz. I, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2004, 4, s. 21-23.
- [5] Dyjakon A., Dyjakon J., *Zastosowanie złoża fluidalnego w technice*, cz. II, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2004, 5, s. 40-43.
- [6] Kmiec A., Michoński J., Zajac W., Englart S., Pleśniarska A., *Badania procesu nawilżania powietrza w złożu fontannowym*, Inżynieria i Aparatura Chemiczna 2003, 5, s. 108-110.
- [7] Gawrzyński Z., Glaser R., *Drying in pulsed-fluid bed dryer with relocated gas stream*, Drying Technology 1996, 14 (5), s. 1121-1172.
- [8] Gawrzyński Z., Pieczaba B., *Hydrodynamics of the pulsed fluid bed with cyclically relocated gas stream with lengthwise pulsation*, Drying Technology 1996, 44 (9), s. 1133-1137.

- [9] Kudra T., Gawrzynski Z., Glaser R., Stanisławski J., Poirer M., *Drying of pulp and paper sludge in a pulsed fluid bed dryer*, *Drying Technology* 2002, 20 (4, 5), s. 917-933.
- [10] Ginzburg A.S., Riezczyk W.A., *Suszenie materiałów spożywczych metodą fluidyzacji*, WNT, Warszawa 1969.
- [11] Gawrzynski Z., Pieczaba B., Rychlik M., *The particle mixing process in the fluid bed and the pulsed fluid bed with cyclically relocated gas stream*, *International Drying Symposium*, Budapest, 20-23.08.2006, p. B 0686.

PRESSURE DROP IN THE SPRINKLING CHAMBER WITH PULSED FLUIDIZED BED WITH CYCLICALLY RELOCATED GAS STREAM

Summary: In some industrial processes the best effectiveness is obtained by specific air parameters. In these conditions, the industrial air conditioning is applied. However, constant raise in the requirements of the air supplied to different living and working areas is observed. In the air conditioning units the incoming air is thermodynamically treated and blown inside the chosen area. Air humidification is one of the most common air treatment processes used, among the cooling, heating, and drying. The objective of the study was a presentation of the novel method of air humidification in industrial air conditioning. The method involves application of the wetted pulsed fluidized bed.

Key words: air humidification, air-conditioning, pulsed fluid bed.