

KSZTAŁTOWANIE PARAMETRÓW STRUGI POWIETRZA ZA WENTYLATOREM OSIOWYM W KANAŁE KWADRATOWYM I W PRZESTRZENI OTWARTEJ ZA KANAŁEM

STRESZCZENIE

Praca zawiera wyniki badań eksperymentalnych nad możliwością kształtowania parametrów przepływu indukowanego wentylatorem osiowym. Kształtowanie przepływu odbywało się za pomocą kanału o przekroju kwadratowym, prostownicy wiązkowo-rurowej, prostownicy siatkowej oraz konfuzora. Wyniki badań pokazujących, jak poszczególne elementy kształtujące strugę wpływają na rozwijanie się profilu prędkości, przedstawiono w postaci graficznej. Wyniki badań mogą znaleźć zastosowanie przy projektowaniu tuneli aerodynamicznych, w których przepływ w przestrzeni pomiarowej musi spełniać wysokie wymagania co do równomierności pola prędkości, oraz w wielu procesach technologicznych, gdzie strugi powietrza lub innych gazów muszą spełniać szczególne wymagania dotyczące rozkładu prędkości.

Słowa kluczowe: kształtowanie parametrów przepływu, profile prędkości

FORMATION OF PARAMETERS OF STREAM UNITS OF AIR BEHIND THE AXIAL FUN PLACED IN AERODYNAMIC TUNNEL

The publication contains the results of experimental investigations of formation of flow parameters over possibility induced with axial ventilator. Formation of flow was held with the help of tunnel about square section, bundle-tubular flattener, reticular flattener as well as confusor. The results of investigations showing how the individual formative of the stream units influence developing of the profile of velocity, were presented in graphic form. The scores of investigations can be used in projecting aerodynamic tunnels, in which the fluid has to fulfill high requirements in measuring space what to uniformity of field of velocity as well as in many technological processes where streams of air or other gases have to fulfill the special requirements to schedule of velocity.

Keywords: formation of flow parameters, profile of velocity

1. WPROWADZENIE

Wentylatory osiowe, przystosowane do przetłaczania dużych objętości powietrza o niskim ciśnieniu, są wykorzystywane w gospodarstwie domowym, pomieszczeniach socjalnych, użyteczności publicznej, biurach i pomieszczeniach produkcyjnych. Jednym z problemów występujących w pracy z wentylatorem osiowym jest zwiększenie prędkości przepływu powietrza. Problem ten może być rozwiązany na różne sposoby, np. poprzez zwiększenie liczby obrotów wentylatora, przez zainstalowanie dodatkowego wentylatora, przez wymianę wentylatora na większy. W badaniach laboratoryjnych, kiedy wentylator stanowi podstawowy element wymuszający przepływ strugi, dochodzi ponadto konieczność wyrównania profilu prędkości. Zadanie może być realizowane poprzez stosowanie urządzeń takich jak konfuzor czy prostownica wiązkowo-rurowa.

2. STANOWISKO BADAWCZE I METODYKA BADAŃ

Podstawowym elementem stanowiska pomiarowego był wentylator osiowy o wydajności 3800 m³/h. Został on zbudowany w tunelu o przekroju kwadratowym i wysokości

ścianki 0,4 m. W celu stabilizacji przepływu strugi stosowano prostownice wiązkowo-rurowe i konfuzor. Prostownice były zbudowane z elementów o grubości ścianki 0,0018 m, powodowało to zmniejszenie pola przekroju tunelu o około 1%. W trakcie wykonywania badań stanowisko ulegało ciągłej rozbudowie i było adaptowane do kolejnych pomiarów.

Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie pól prędkości w strudze nawiewanej, formowanej przez wentylator i przepływającej przez elementy wyrównujące profil prędkości strugi. Badano oddziaływanie elementów stabilizujących profil prędkości strugi powietrza oraz wpływ długości kanału na jakość strugi powietrza wpływającej z badanego kanału. Pomiary przeprowadzono w tunelu oraz poza tunelem w wybranych odległościach od płaszczyzny wirnika wentylatora.

Badanie polegało na pomiarach prędkości w poszczególnych punktach pomiarowych przekroju.

W trakcie badań określono:

- profil prędkości strugi generowanej przez wentylator, za którym umieszczono prostownicę o średnicy elementu \varnothing 0,05 m, konfuzor, tunel; pomiary przeprowadzono w tunelu w wybranych odległościach od płaszczyzny wirnika wentylatora;

* Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Katedra Maszyn i Urządzeń Energetycznych

** Akademia Pedagogiczna w Krakowie, Instytut Techniki

- profil prędkości strugi generowanej przez wentylator, za którym umieszczono prostownicę z elementów o przekroju kwadratowym, wysokość elementu 0,05 m, konfuzor, tunel; pomiary przeprowadzono w tunelu w wybranych odległościach od płaszczyzny wirnika wentylatora;
- profil prędkości strugi generowanej przez wentylator, za którym umieszczono prostownicę o średnicy elementu \varnothing 0,05 m oraz dodatkową prostownicę siatkową w układzie z konfuzorem; pomiary przeprowadzono w tunelu w wybranych odległościach od płaszczyzny wirnika wentylatora;
- profil prędkości strugi generowanej przez wentylator, za którym umieszczono konfuzor o modyfikowanej długości; pomiary przeprowadzono w przestrzeni otwartej poza tunelem w wybranych odległościach od płaszczyzny wirnika wentylatora.

Podstawowym przyrządem wykorzystywanym do pomiaru prędkości była rurka Prandtla. Sygnałem wyjściowym było ciśnienie dynamiczne, na podstawie którego obliczano prędkości każdego punktu pomiarowego. Skonstruowano układ przesuwany umożliwiający pomiar prędkości w wybranych punktach. Na podstawie prędkości miejscowych wyznaczono profile prędkości.

Wyniki badań przedstawiono na wykresach przedstawiających rozkład profili prędkości w przekroju prostym do kierunku przepływu strugi, w zależności od odległości od źródła, którym był wentylator osiowy. Położenie przekroju pomiarowego odmierzało się od płaszczyzny wirnika wentylatora odnoszono do średnicy hydraulicznej tunelu x/D . Promień bezwymiarowy ($r/(D/2)$) sprowadzono do przedziału $[0, 1]$. Prędkość przepływu wyrażono w m/s.

3. WYNIKI POMIARÓW

Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach 1–4. Na podstawie uzyskanych wyników, wykorzystując komputerowy program graficzny, przedstawiono rozkłady pól prędkości.

Stanowisko pomiarowe do badania wpływu konfuzora profil prędkości strugi pokazano na rysunku 1a.

Rysunki 1b i c przedstawiają rozkłady prędkości dla przypadku, gdy bezpośrednio za wentylatorem zamontowano konfuzor i połączono go z tunelem o przekroju kwadratowym 0,25 m o długości $12D$ (4,8 m). Przestrzeń pomiarową zlokalizowano w odległości $11D$ (4,4 m) od wirnika. Efektem eksperymentu było jedynie zwiększenie prędkości przepływu. Nie uzyskano jednorodnego pola prędkości strugi.

Następne stanowisko zestawiono z wentylatorem, prostownicą wiązkowo-rurową, konfuzorem i tunelem. Stanowisko przedstawia rysunek 2a.

Bezpośrednio za wentylatorem umieszczona jest prostownica połączona z konfuzorem i tunelem. Prostownica oraz konfuzor w zaprojektowanym stanowisku stanowią elementy stabilizujące strugę. W trakcie badań modyfikowano długość prostownicy (rys. 2b). Pomiary przeprowadzono wewnątrz tunelu w różnej odległości od płaszczyzny wirnika. Wyniki przedstawiono na rysunkach 2c–f. Badania przeprowadzono dla czterech długości prostownic: 0,05 m,

0,10 m, 0,15 m oraz 0,20 m. Przy każdej długości prostownicy wraz ze wzrostem odległości od wirnika pole prędkości stawało się bardziej jednorodne, natomiast profil prędkości wyrównywał się.

Schemat stanowiska do pomiaru wpływu wielkości oka prostownicy wykonanej z włókna nylonowego przedstawiono na rysunku 3a. Na rysunkach 3b–e zaprezentowano wyniki badań. W odległości $0,25D$ (0,10 m) od wirnika wentylatora umieszczona jest prostownica wiązkowo-rurowa \varnothing 0,05 m \times 0,1 m. Za nią znajdują się w odległości 0,1 m: dodatkowa prostownica z włókien nylonowych, w odległości 0,2 m konfuzor i dalej tunel.

Pomiary wykonano w odległości $2D$ od osi wirnika, dla trzech typów prostownic z włókien nylonowych:

- seria 1 o średnim promieniu oczka 0,0007 m,
- seria 2 o średnim promieniu oczka 0,0001 m,
- seria 3 o średnim promieniu oczka 0,0001 m + dodatkowo 0,002 m w odległości 0,2 m.

Elementy wyrównujące profil prędkości strugi powietrza zostały umieszczone w tunelu. Pomiary wykonano w odległości $2D$ za wirnikiem wentylatora osiowego w punktach według przyjętej siatki pomiarowej. Promień bezwymiarowy $r/(D/2)$ sprowadzono do przedziału $[0, 1]$. Prędkość przepływu strugi powietrza przedstawiono w m/s.

Zaobserwowano, że w środkowym obszarze przepływu zajmującym około 65% przekroju poprzecznego pole prędkości było jednorodne. W tym obszarze również zaobserwowano największe wartości prędkości. Najlepsze wyrównanie profilu prędkości uzyskano dla prostownicy z włókien nylonowych o średnim promieniu oczka 0,0007 m. Wyrównanie profilu prędkości wiązało się w tym doświadczeniu ze zmniejszeniem prędkości przepływu.

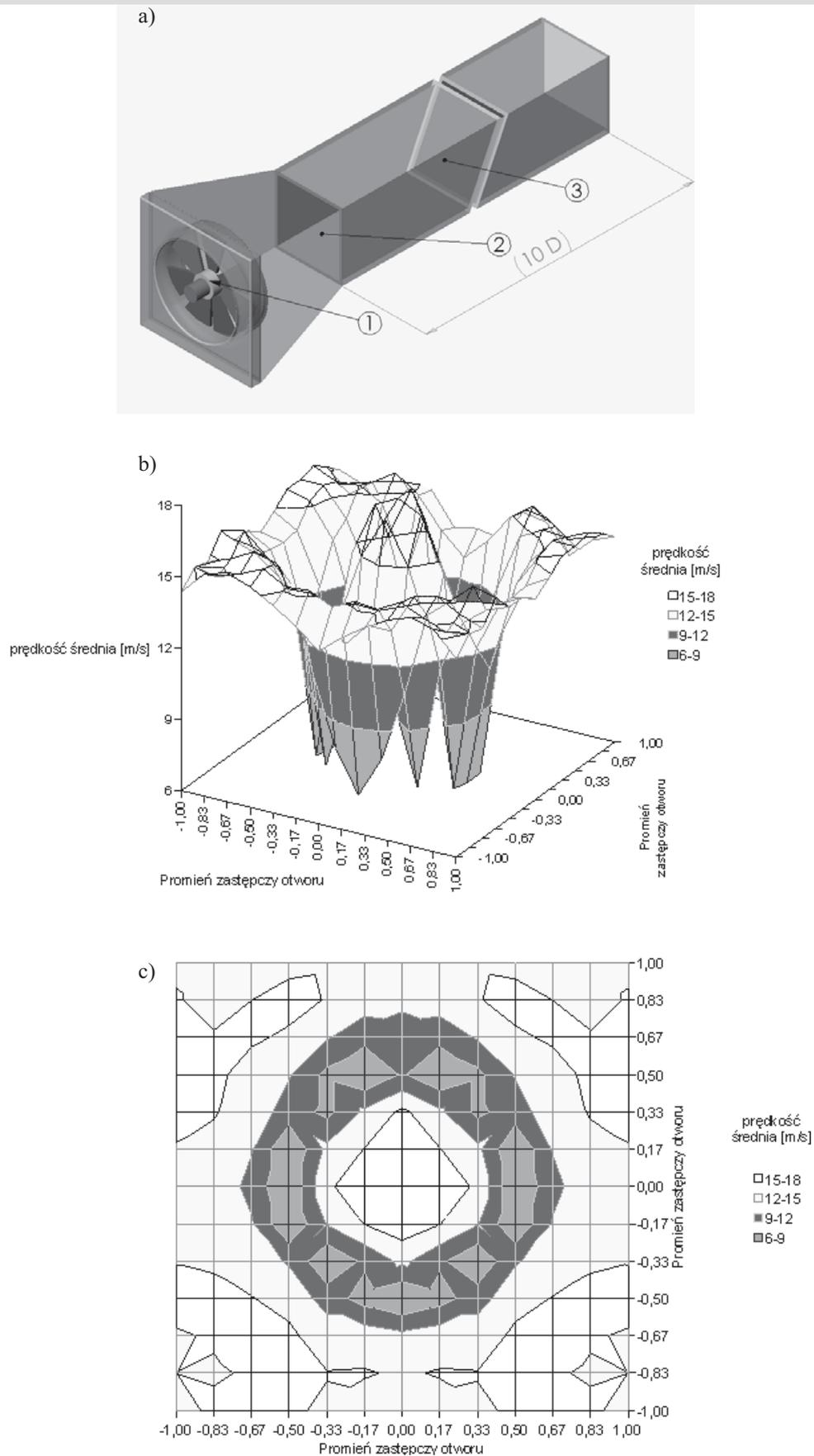
Celem kolejnych badań było określenie wpływu długości konfuzora na profil prędkości strugi powietrza. Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 4a.

W odległości $0,25D$ od wirnika wentylatora umieszczona jest prostownica wiązkowo-rurowa \varnothing 0,05 m \times 0,1 m. Za nią w odległości $0,5D$ znajduje się dodatkowa prostownica z włókien nylonowych: o średnim promieniu oczka 0,007 m, dalej konfuzor.

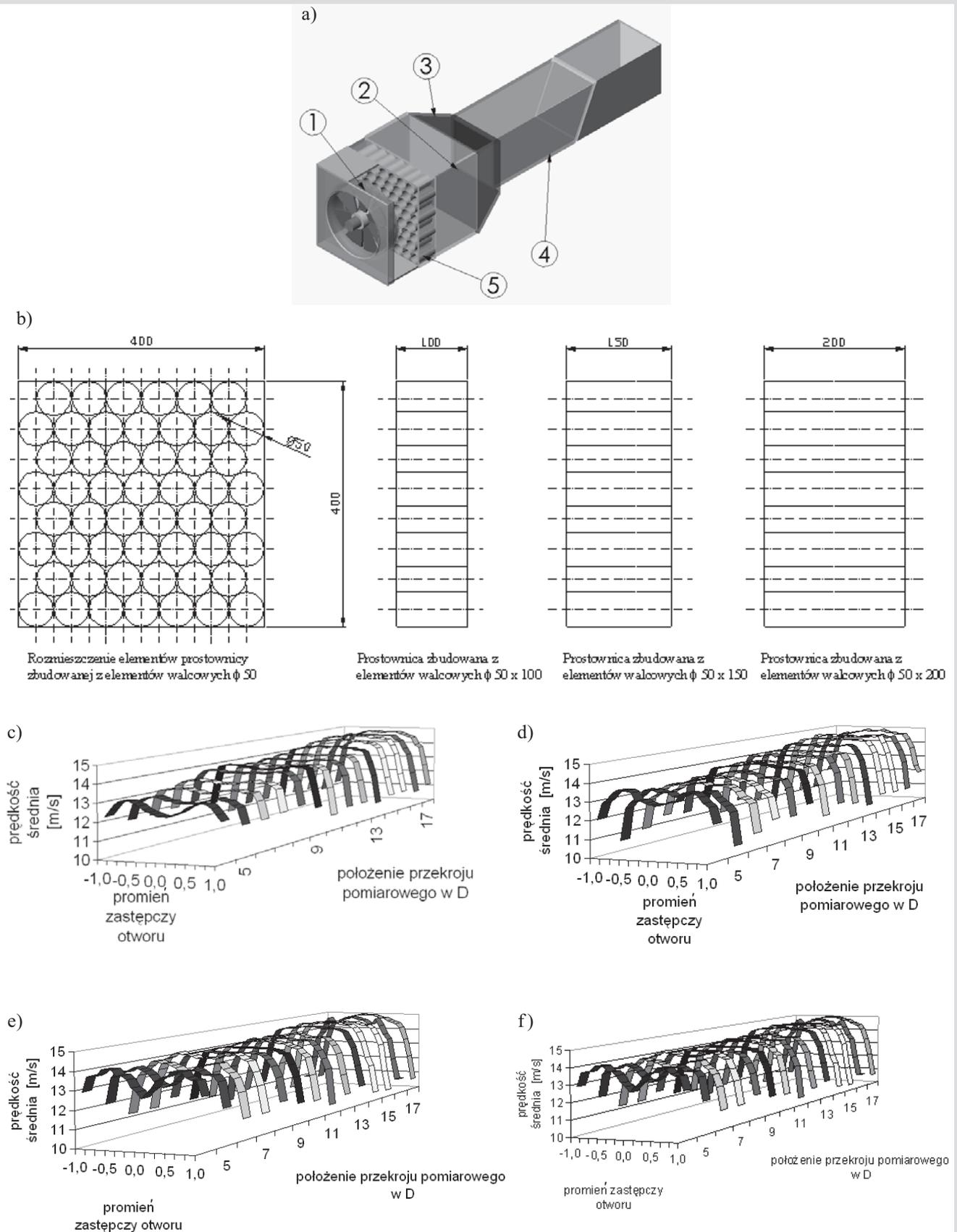
Pomiary przeprowadzono dla czterech długości konfuzora:

- $\frac{4}{8} D$, czyli 0,200 m,
- $\frac{5}{8} D$, czyli 0,250 m,
- $\frac{6}{8} D$, czyli 0,300 m,
- $\frac{8}{8} D$, czyli 0,400 m.

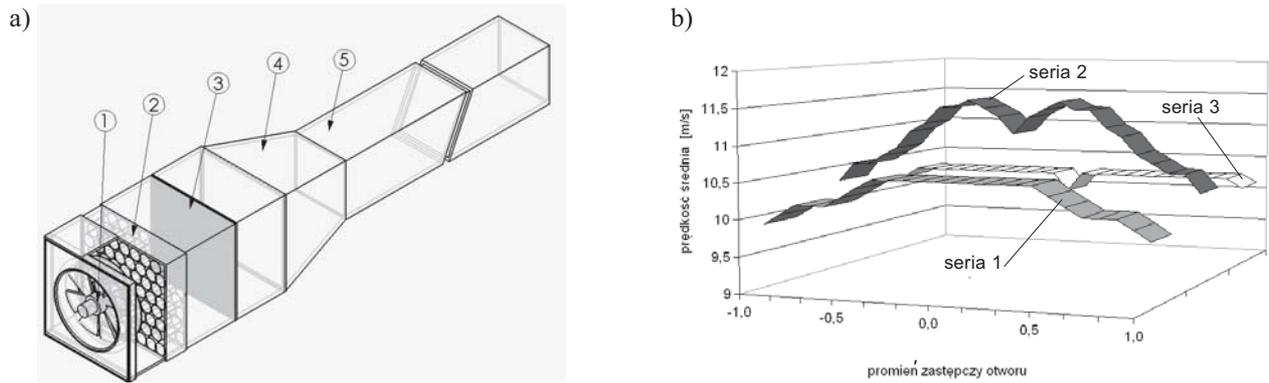
Pomiary wykonano w odległości D – $5D$ od płaszczyzny wirnika wentylatora. Wybrane wyniki zaprezentowano na rysunkach 4b–e. Zaobserwowano, że zwiększanie długości konfuzora spowodowało widoczne polepszenia jakości strugi powietrza, profil prędkości był bardziej wyrównany. Równocześnie wzrost długości konfuzora powodował zmniejszenie prędkości przepływu. Na podstawie badań stwierdzono istotny wpływ długości konfuzora na profil prędkości. W przeprowadzonych eksperymentach najbardziej stabilny profil prędkości w zakresie 2 – $3,5D$ zaobserwowano za konfuzorem o długości $\frac{6}{8}D$.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – wentylator, 2 – konfuzor, 3 – tunel (a); przestrzenny rozkład prędkości (b) w strudze w tunelu o przekroju kwadratowym $0,25 \times 0,25$ m w odległości 4,4 m od wirnika; dwuwymiarowy rozkład prędkości (c) w strudze w tunelu o przekroju kwadratowym $0,25 \times 0,25$ m w odległości 4,4 m od wirnika

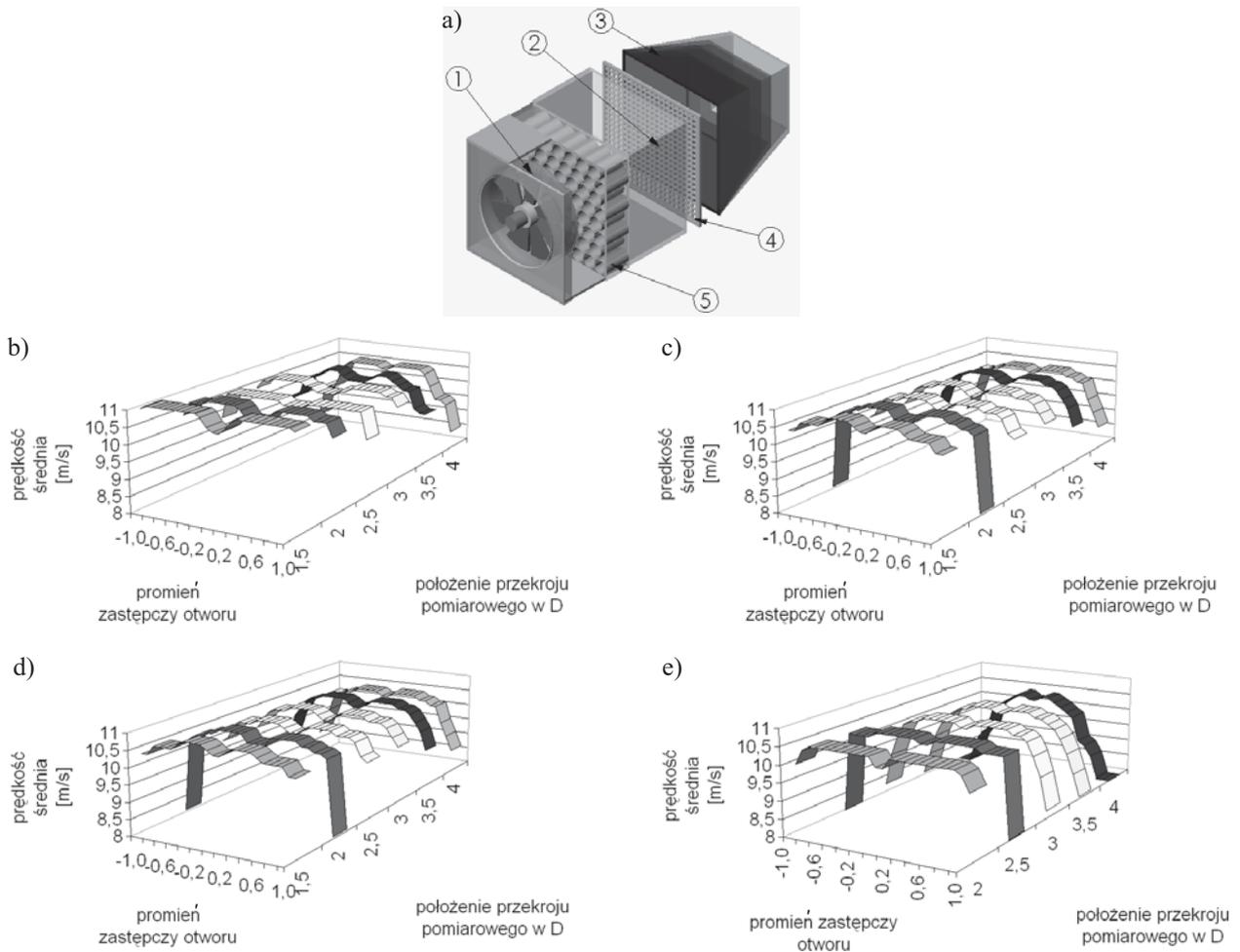


Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego: 1 – wentylator, 2 – segment tunelu o wysokości ściany 0,4 m, 3 – konfuzor, 4 – tunel, 5 – prostownica wiązkowo-rurowa (a); rysunek schematyczny wykorzystywanych prostownic wiązkowo-rurowych (b); profile prędkości w przekrojach tunelu dla prostownicy $\phi 0,05 \text{ m} \times 0,050 \text{ m}$ (c); profile prędkości w przekrojach tunelu dla prostownicy $\phi 0,05 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$ (d); profile prędkości w przekrojach tunelu dla prostownicy $\phi 0,05 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$ (e); profile prędkości w przekrojach tunelu dla prostownicy $\phi 0,5 \text{ m} \times 0,200 \text{ m}$ (f)



Rys. 3. Schemat stanowiska badawczego: 1 – wentylator, 2 – prostownica wiązkowo-rurowa z rurek $\varnothing 0,05 \text{ m} \times 0,10 \text{ m}$, 3 – prostownica z włókien nylonowych, 4 – konfuzor, 5 – tunel (a); rozkład pól prędkości w odległości $2D$ za wirnikiem wentylatora osiowego (b)

- seria 1 – prostownica o średnim promieniu oczka $0,0007 \text{ m}$ + konfuzor + tunel,
- seria 2 – prostownica o średnim promieniu oczka $0,0001 \text{ m}$ + konfuzor + tunel,
- seria 3 – prostownica o średnim promieniu oczka $0,0001 \text{ m}$ + dodatkowa prostownica o średnim promieniu oczka $0,002 \text{ m}$ w odległości $0,2 \text{ m}$ + konfuzor + tunel



Rys. 4. Schemat stanowiska badawczego: 1 – wentylator, 2 – segment tunelu w którym umieszczono prostownice, 3 – konfuzor, 4 – prostownica z włókien nylonowych, 5 – prostownica wiązkowo-rurowa z rurek $\varnothing 0,05 \text{ m} \times 0,10 \text{ m}$ (a); rozkład pól prędkości w wybranych przekrojach poprzecznych tunelu za wirnikiem wentylatora osiowego za konfuzorem o długości $4/8D$; rozkład pól prędkości w wybranych przekrojach poprzecznych tunelu za wirnikiem wentylatora osiowego za konfuzorem o długości $5/8D$ (c); rozkład pól prędkości w wybranych przekrojach poprzecznych tunelu za wirnikiem wentylatora osiowego za konfuzorem o długości $6/8D$ (d); rozkład pól prędkości w wybranych przekrojach poprzecznych tunelu za wirnikiem wentylatora osiowego za konfuzorem o długości $8/8D$ (e)

4. ZAKOŃCZENIE

W trakcie badań tunel doposażono w urządzenia poprawiające profil prędkości strugi generowanej wentylatorem osiowym. Mierzono rozkłady prędkości w wybranych przekrojach poprzecznych tunelu w odległości będącej krotnością średnicy hydraulicznej tunelu.

W przypadku wykorzystania wentylatorów do generowania strugi o określonych parametrach, ważne jest odpowiednie dobranie elementów stabilizujących przepływ i wyrównujących profil prędkości.

W trakcie badań skoncentrowano się na opisanu roli prostownicy wiązkowo-rurowej. Zaobserwowano, że zarówno dobór wielkości oczka prostownicy, jak i jej długość wywierają wpływ na uzyskane rozkłady prędkości.

Określono wpływ długości konfuzora na profil prędkości strugi.

Niezależnie od parametrów przepływowych, prawidłowo pracujący wentylator powinien charakteryzować się łatwym montażem, ekonomiczną eksploatacją, cichą pracą, a ponadto możliwością regulacji prędkości obrotowej.

Literatura

- [1] Hurnik M., Popiołek Z.: *Wpływ uzbrojenia otworu na pole prędkości w strudze nawiewnej*. VII Ogólnopolskie Sympozjum „Zastosowanie mechaniki płynów w inżynierii i ochronie środowiska 2001”, Gliwice-Wiśła 2001
- [2] Jeżowiecka-Kabsch K., Szewczyk H., Wędrychowicz W.: *Pole prędkości w pulsującym przepływie przez rurę z kryzą*. VII Ogólnopolskie Sympozjum „Zastosowanie mechaniki płynów w inżynierii i ochronie środowiska 2001”, Gliwice-Wiśła 2001
- [3] Bechtold Z., Jeżowiecka-Kabsch K. i inni: *Wizualizacyjne metody badania struktury strug w elementach rurociągów energetycznych*. Prace Naukowe Instytutu Techniki Ciepłej i Mechaniki Płynów Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000