

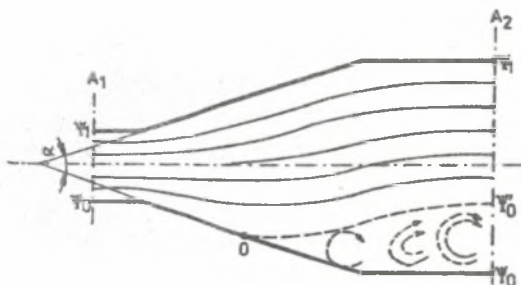
Bohdan DEPTUŁA
Bogumił DOMALANUS
Wacław GOŁĄS

Instytut Techniki Ciepłej
i Silników Spalinowych
Politechniki Poznańskiej

PRZEPIY W NIESTACJONARNY PRZEZ DYFUZOR OSIOWY

Streszczenie: W pracy przedstawiono krótką charakterystykę i rezultaty badań doświadczalnych nad kinematyczną strukturą przepływu pulsacyjnego przez prostoosiowy, równoległościenny dyfuzor, ze szczególnym uwzględnieniem zjawiska oderwania strumienia.

Zjawisko oderwania strumienia w przepływie ustalonym przez dyfuzory /rys. 1/ było przedmiotem licznych badań, zarówno teoretycznych, jak i doświadczalnych. Wykazały one, że oderwanie strumienia od ścianek kanału



Rys.1. Oderwanie strumienia w dyfuzorze prostoosiowym

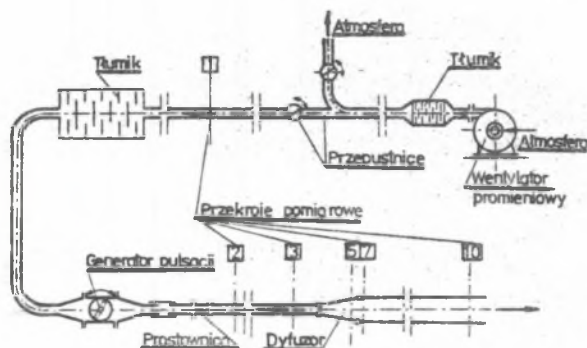
i pojawienie się strefy wirowej w obszarze $Y_0 \text{ o } Y'_0$ zależą przede wszystkim od kąta rozwarcia dyfuzora α , stosunku przekrojów A_2/A_1 i liczby Reynoldsa Re . Pojawienie się oderwania strumienia w sposób jaskrawy zmienia strukturę przepływu i powoduje znaczne obniżenie sprawności dyfuzora. Jak dotychczas, ilościowe określenie tych zmian na drodze teoretycznej napotyka na znaczne trudności /np. określenie istotnego ze względów praktycznych efektywnego przekroju $A_{2,ef}$ strumienia - $Y_0 \text{ } Y_1$ na rys. 1/

O ile jednak dla przepływów ustalonych istnieje już bogaty materiał doświadczalny określający warunki, w których zjawisko oderwania strumienia

może wystąpić, to dla przepływów nieustalonych tego typu danych brak.

Metoda i zakres badań

Schemat stoiska badawczego przedstawia rys. 2. Powietrze dostarczone przez wentylator promieniowy przepływa przez układ regulacji natężenia przepływu do generatora pulsacji. Zbiornik wyrównawczy z zabudowanym wewnątrz tłumikiem umożliwia pomiar średniego masowego natężenia przepływu w przekroju pomiarowym nr 1. Sterowany układ tyrystorowy generator



Rys. 2. Schemat stoiska badawczego

pulsacji umożliwia wytwarzanie w kanale pomiarowym przebiegów pulsacyjnych o żądanej amplitudzie i częstotliwości. W celu możliwie maksymalnego uporządkowania profili prędkości przebiegów pulsacyjnych za generatorem zabudowano prostownicę strumienia. Kanał pomiarowy składa się z odcinka zasilającego, dyfuzora i odcinka wylotowego, z odpowiednio dobranymi przekrojami pomiarowymi nr 2 + 11. W przekrojach tych rejestrowano przebiegi ciśnień i prędkości. Pomiary ciśnień wykonywano za pomocą czujników fotoelektrycznych i pojemnościowych. Natomiast pomiarów prędkości dokonywano za pomocą termooanemometru TSI, wyposażonego dodatkowo w automatyczny układ przesuwu sond. Mierzone wielkości zapisywano za pomocą rejestratora magnetycznego i oscylografów.

Zakresy zmian nastaw i parametrów charakterystycznych w przeprowadzonych badaniach były następujące:

1. Kąt rozwarcia dyfuzora $\alpha = 0 + 30^\circ$
2. Stosunek zmiany przekroju strumienia

$$n = \frac{A_2}{A_1} = 1 + 4$$

3. Zakres zmian liczby Reynoldsa: $Re = 10.000 + 160.000$
4. Zakres zmian częstotliwości: $f = 0 + 50 \text{ Hz}$

Zakres zmian liczby Strouhala:

$$St = \frac{v}{f r_h} = 200 \pm 1.250$$

5. Zakres zmian intensywności turbulencji w przekroju dolotowym A_1 :

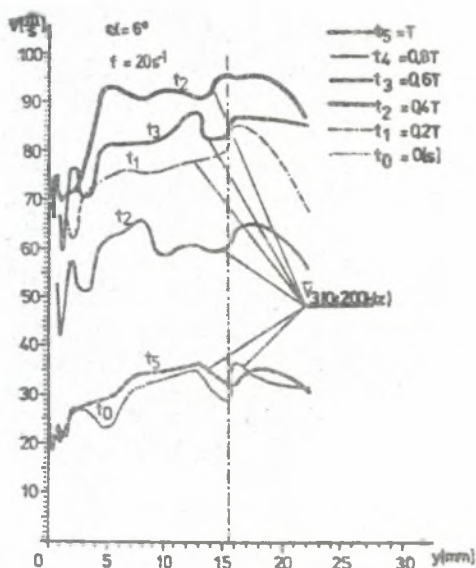
$$\varepsilon_1 = \frac{RMS}{v_1} = 0,02 \pm 0,08$$

$$\text{gdzie: } RMS = \left\{ \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} [v(t) - \bar{v}(t)]^2 dt \right\}^{1/2}$$

Wyniki pomiarów:

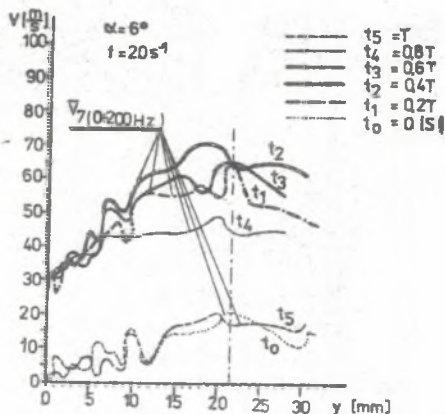
Badania rozpoczęto od określenia warunków powstawania oderwania w przepływie ustalonym przez badany dyfuzor. Stwierdzono, że wyraźne, jednostronne oderwanie strumienia zachodzi przy kącie $\alpha = 19^\circ$. Ze względu na niemożność zarejestrowania za pomocą zwykłych sond termooanemometrycznych zmiany znaku prędkości, pojawienie się oderwania rejestrowano dla dwu prostopadłych nastaw sond, przy czym w obszarze oderwania wartości składowych prędkości prostopadłych do kierunku głównego przepływu były wyraźnie większe.

Warunki powstawania oderwania w przepływie niestacjonarnym są o wiele bardziej złożone. Rysunek nr 3 ilustruje proces narastania prędkości w przekroju dolotym do dyfuzora /przekrój nr 3/, w czasie odpowiadającym



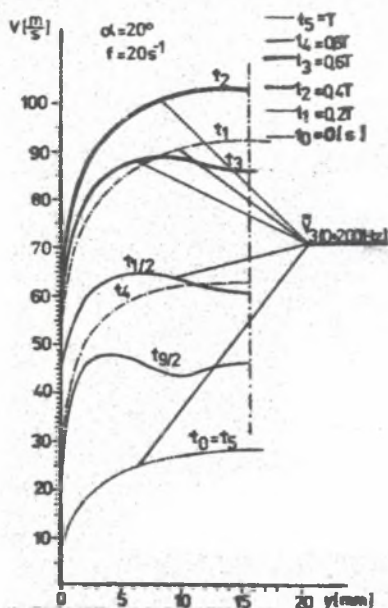
Rys. 3. Okresowe zmiany profilu prędkości w przekroju dolotowym dyfuzora

jednemu okresowi. Pomiaru wykonano przy kącie rozwarcia dyfuzora $\alpha = 6^\circ$ i częstotliwości $f = 20 \text{ s}^{-1}$. Kolejne linie przedstawiają profile prędkości w kolejnych chwilach okresu $T/t = 0, t = 0,1 T$ itd/. Analogiczne profile prędkości lecz dla przekroju wylotowego dyfuzora /nr 7/ przedstawia rys. nr 4.

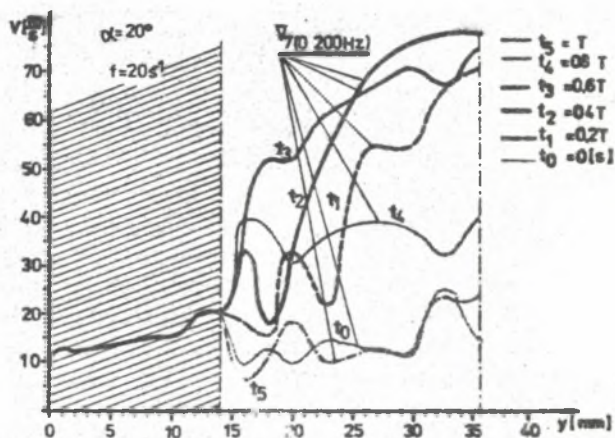


Rys. 4. Okresowe zmiany profilu prędkości w przekroju wylotowym dyfuzora

Z analizy tych przebiegów wynika, że w przypadku badanego dyfuzora, przy kącie rozwarcia $\alpha = 6^\circ$ i częstotliwości $f = 20 \text{ s}^{-1}$, oderwanie strumienia nie występuje. Zwiększenie kąta rozwarcia dyfuzora do wartości $\alpha = 20^\circ$, przy zachowaniu tej samej częstotliwości $f = 20 \text{ s}^{-1}$, wywołuje wyraźne zmiany w strukturze przepływu. O ile w przekroju dolotowym /nr 3/ narastanie profili prędkości ma podobny przebieg jak przy poprzedniej nastawie /rys. 5/, to w przekroju wylotowym dyfuzora przy $\alpha = 20^\circ$ a więc przy kącie, przy którym w przepływie ustalonym występuje już jednostronne oderwanie/, charakter chwilowych profili prędkości jest odmienny /rys. 6/. W przepływie nieustalonym pojawia się już w tych warunkach wyraźna, obustronna deformacja profili prędkości zmniejszająca znacznie efektywny przekrój strumienia. W jądrze przepływu można - podobnie jak w rozkładach prędkości w przekroju dolotowym - w dalszym ciągu zaobserwować wyraźną okresową ewolucję profilu prędkości /narastanie i malenie prędkości w czasie każdego kolejnego okresu/. Natomiast przy ściankach pojawiają się strefy, które przez analogię do przepływów stacjonarnych można by także nazwać strefami oderwania strumienia, a w których zmiany prędkości nie mają dostrzegalnego związku z podstawowym przebiegiem pulsacyjnym. Należy podkreślić, że pomiędzy jądrem przepływu a obszarem pełnego oderwania występuje warstwa przejściowa, w której przebiegi prędkości nie mają charakteru powtarzalnego, lecz istnieje jeszcze nieznaczne oddziaływanie przepływu głównego. O ile w przekroju dolotowym nawet w odległości $\frac{y}{D} = 0,01$ można było zaobserwować wyraźną powtarzalność przebiegów /rys. 7/,

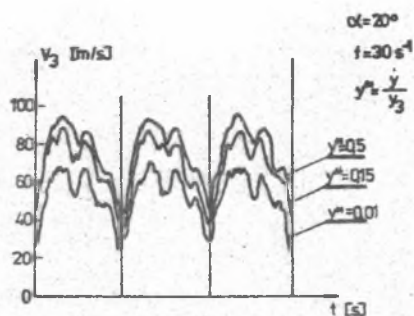


Rys. 5. Ewolucja profilu prędkości uśrednionych w przekroju dolutowym dyfuzora

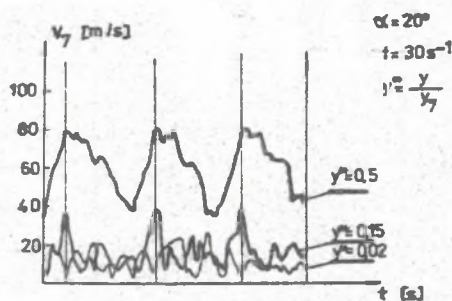


Rys. 6. Okresowe zmiany profilu prędkości w przekroju wylotowym dyfuzora przy występowaniu obustronnego oderwania strumienia

to w przekroju wylotowym dyfuzora powtarzalne przebiegi występują jedynie w strumieniu głównym, w strefie przejściowej oddziaływanie podstawowych pulsacji jest coraz mniejsze - w czasie każdego okresu pojawiają się przebiegi całkowicie przypadkowe - aż do obszaru pełnego oderwania /rys.8/.



Rys. 7. Przebiegi prędkości w przekroju dolotowym dyfuzora

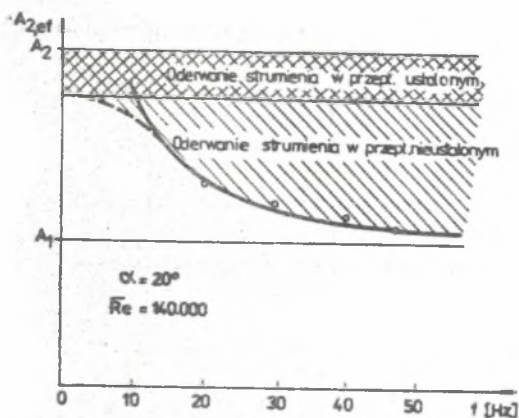


Rys. 8. Przebiegi prędkości w przekroju wylotowym dyfuzora

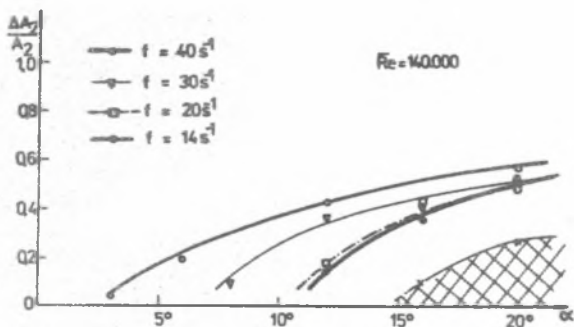
Scharakteryzowane wyżej badania profili prędkości w wybranych przekrojach kontrolnych dyfuzora przeprowadzono dla szeregu kombinacji wartości α , częstotliwości i liczby Reynoldsa /rys. 9 i 10/.

Wyniki tych badań stanowią podstawę do sformułowania następujących wniosków:

- przy tych samych wartościach liczb \overline{Re} i Re zjawisko oderwania strumienia w przepływach niestacjonarnych występuje już przy znacznie mniejszych kątach rozwarcia dyfuzora niż przy przepływach ustalonych,
- zróżnicowanie wpływu częstości na stopień zmniejszenia przekroju efektywnego strumienia jest wyraźne jedynie dla kątów mniejszych od kąta granicznego, przy którym występuje oderwanie strumienia w przepływie stacjonarnym,
- dla określonej geometrii dyfuzora, określonej liczbie Reynoldsa oraz określonym poziomie intensywności turbulencji wstępnej o szerokości strefy oderwania i wywołanym jej pojawieniem się zmniejszeniem przekroju efektywnego strumienia decyduje wartość liczby Strouhala,



Rys. 9. Wpływ częstości pulsacji prędkości na szerokość strefy oderwania



Rys. 10. Wpływ kąta rozwarcia dyfuzora i częstości pulsacji prędkości na względną szerokość strefy oderwania

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ДВИЖЕНИЕ В ОСЕВОМ ДИФфуЗОРЕ

Резюме

В работе представлена короткая характеристика и результаты опытных исследований кинематической структуры пульсационного движения в прямоосевом плоском диффузоре с особым учётом явления отрыва потока.

PULSE FLOW OF GAS THROUGH AN AXIAL DIFFUSER

Summary

The report presents a short characteristic and results of experimental investigations of kinematic structure of gas flow through a parallelepipedal rectiaxial diffuser, considering particularly the phenomena of flow separation.