

JERZY ROKITA

Katedra Pomp i Silników Wodnych

WYZNACZENIE KSZTAŁTU ŁOPATKI WIRNIKA POMPY WIROWEJ
ODŚRODKOWEJ O STAŁYM OPÓŹNIENIU PRZEPIYWU

Streszczenie. Podano ogólne zależności umożliwiające wyznaczenie kształtu łopatki wirnika, o stałym opóźnieniu cieczy wzdłuż długości kanału międzyłopatkowego.

Podano wzór określający zależność prędkości względnej jako funkcję promienia, przy liniowej zmianie składowych merydionalnych prędkości absolutnych.

Po określeniu podstawowych wielkości wirnika pompy wirowej odśrodkowej wyznacza się kształt łopatki wirnika. W tym celu, zgodnie z ogólnie przyjętą metodą [1], [2] punktową, zakłada się przebiegi zmienności prędkości względnych „ w ” oraz składowych merydionalnych prędkości absolutnych „ c_m ” w funkcji promienia wirnika R , $w = f(R)$ i $c_m = f(R)$. Weobec braku bliższych danych dotyczących ustalania zależności $w = f(R)$ i $c_m = f(R)$, sposób ten stwarza dużą dowolność w ich przyjmowaniu. Na ogół jednak zależność $c_m = f(R)$ przyjmowana jest jako funkcja liniowa [2], natomiast zależność $w = f(R)$ przyjmowana jest dowolnie, przy czym jednak zwraca się uwagę na właściwą wielkość kąta pokrycia łopatek oraz ciągłość funkcji $w = f(R)$ w przedziale (R_1, R_2) ; gdzie R_1, R_2 - promienie na których znajdują się krawędzie dopływowe i wypływowe łopatek wirnika. Niewłaściwe ukształtowanie łopatki wirnika może być powodem zmienności przyrostów ciśnienia wzdłuż długości kanału międzyłopatkowego.

Optymalnym rozwiązaniem [3] ułopotkowania wirnika, jest w wielu przypadkach takie jego ukształtowanie, które zapewni stałe opóźnienia przepływu cieczy w kanale międzyłopatkowym.

Warunek stałego opóźnienia przepływu cieczy można określić [4] związkiem:

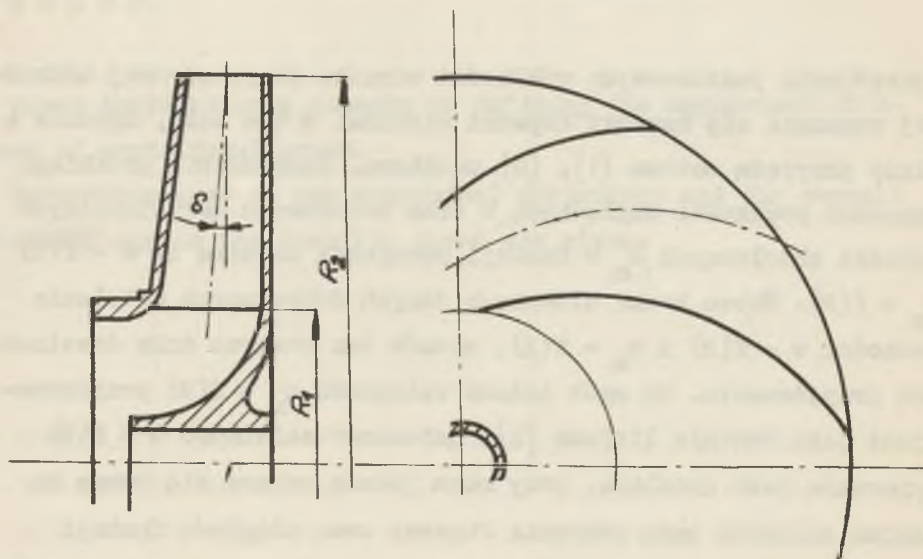
$$\frac{dw}{dt} = \frac{ds}{dt} \frac{dw}{ds} = w \frac{dw}{ds} = c \quad (2)$$

gdzie:

t - czas,

s - długość kanału międzyłopatkowego,

c - stała liczbowa.



Rys. 1. Oznaczenia niektórych wielkości geometrycznych wirnika pompy wirowej odśrodkowej

Na rys. 1 przedstawiono wirnik pompy wirowej odśrodkowej, wraz z oznaczeniami niektórych wielkości geometrycznych. Zgodnie z tymi oznaczeniami prędkość c_m wyniesie:

$$c_m = \frac{1}{\cos \delta} \frac{dR}{dt} \quad (2)$$

oraz

$$\frac{c_m}{w} = \frac{1}{\cos \delta} \frac{dR}{ds} \quad (3)$$

Wobec powyższego

$$dw = C \frac{ds}{w} = C \frac{1}{\cos \delta} \frac{dR}{c_m} \quad (4)$$

Po scałkowaniu równania (4), otrzymano:

$$\int_{w_1}^{w_2} dw = \int_{R_1}^{R_2} \frac{C}{\cos \delta} \frac{dR}{c_m} \quad (5)$$

Zakładając, że rozważania odnoszą się do wirników pomp wirowych odśrodkowych o niskich wartościach wyróżników szybkości (kąt δ praktycznie stały wzdłuż promienia), z zależności (5) otrzymano:

$$w_2 - w_1 = \frac{C}{\cos \delta} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dR}{c_m} \quad (6)$$

Zależność (4) może również zostać wykorzystana do określenia związku $w = f(R)$, w postaci

$$w - w_1 = \frac{C}{\cos \sigma} \int_{R_1}^R \frac{dR}{c_m} \quad (7)$$

Po wyeliminowaniu wartości stałej C

$$\frac{w - w_2}{w_1 - w_2} = 1 - \frac{\int_{R_1}^R \frac{dR}{c_m}}{\int_{R_1}^{R_2} \frac{dR}{c_m}} \quad (8)$$

przy czym lewą stronę równania można zastąpić wielkością:

$$\bar{w} = \frac{w - w_2}{w_1 - w_2} \quad (9)$$

gdzie:

\bar{w} - względna wartość prędkości w .

Przyjęcie rozkładu prędkości względnej w zależności od promienia według związku (8) umożliwia uzyskanie stałości opóźnienia przepływu cieczy w kanale międzykapatkowym. Jednak charakter tego rozkładu jest uzależniony od przyjętego rozkładu składowej merydionalnej prędkości absolutnej w funkcji promienia.

W konstrukcji pomp wirowych odśrodkowych zależność $c_m = f(R)$ przyjmowana jest najczęściej jako liniowa. Zakładając, że graniczne wartości na początku i końcu łopatki odpowiednio wyniosą c_{m1} i c_{m2} , zależność $c_m = f(R)$ może zostać opisana równaniem liniowym:

$$c_m = c_{m1} - (c_{m1} - c_{m2}) \frac{R - R_1}{R_2 - R_1} \quad (10)$$

przy czym

$$\bar{R} = \frac{R - R_1}{R_2 - R_1} \quad (11)$$

gdzie:

\bar{R} - względna wartość promienia R .

Po uwzględnieniu zależności (9) i (11) związek (8) można przedstawić następująco:

$$\bar{w} = 1 - \frac{\int_0^{\bar{R}} \frac{d\bar{R}}{c_m}}{\int_0^1 \frac{d\bar{R}}{c_m}} \quad (12)$$

Po wykorzystaniu związku (10) i przeprowadzeniu całkowania

$$\bar{w} = 1 - \frac{\ln \frac{c_{m1} - (c_{m1} - c_{m2}) \bar{R}}{c_{m1}}}{\ln \frac{c_{m2}}{c_{m1}}} \quad (13)$$

Wprowadzając pojęcie stosunku składowych merydionalnych prędkości absolutnych, zdefiniowanego jako

$$k_{cm} = \frac{c_{m2}}{c_{m1}} \quad (14)$$

rozkład prędkości względnej można przedstawić zależnością:

$$\bar{w} = 1 - \frac{\ln [1 - (1 - k_{cm}) \bar{R}]}{\ln k_{cm}} \quad (15)$$

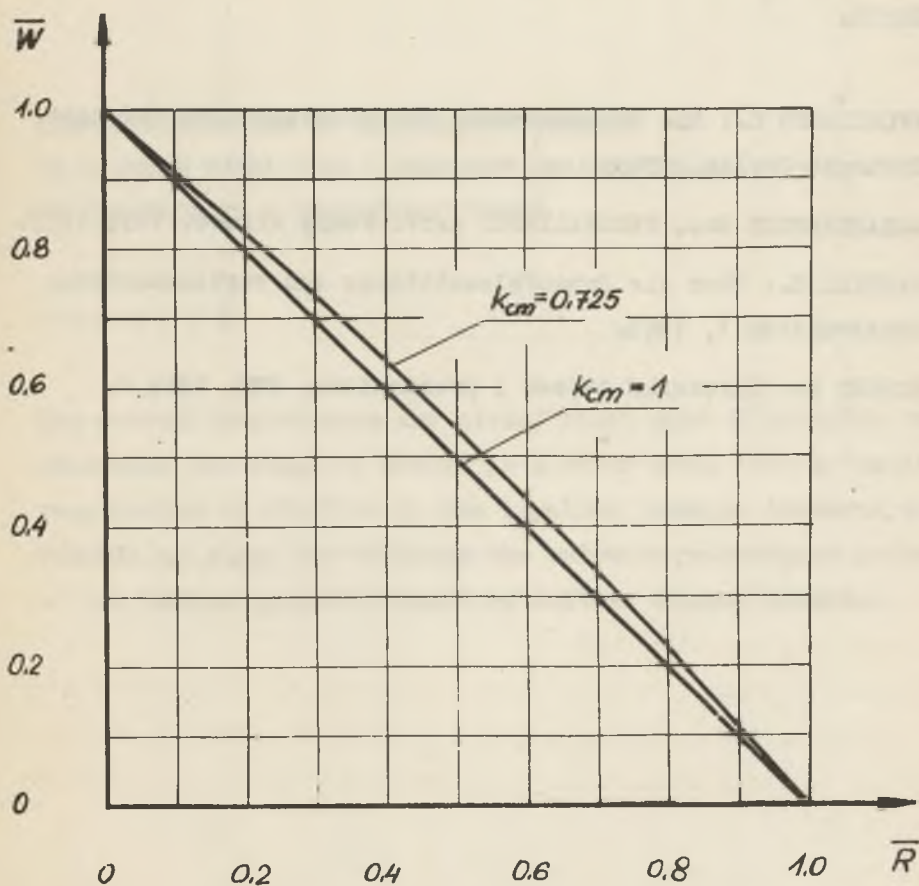
Za zależności (15) wynika, że rozkład prędkości względnej w funkcji promienia jest zależny tylko od wartości stosunku k_{cm} . W teorii pomp wirowych odśrodkowych prędkości c_{m1} i c_{m2} przyjmowane są zwykle tak, że wartość współczynnika k_{cm} zawarta jest w granicach $k_{cm} = 0,70 \div 0,75$. Jednocześnie można stwierdzić, że w zakresie wyżej podanych granic zmiana wartości współczynnika k_{cm} wywiera bardzo nieznaczny wpływ na przebieg zależności (15), różnice wartości nie przekraczają 2,5%.

Na rys. 2 przedstawiono wykres zależności (15) dla wartości współczynnika $k_{cm} = 0,725$. Z zależności (15), w oparciu o związki (9) i (11), można uzyskać rozkład prędkości względnej wzdłuż pro-

mienia dla dowolnego wirnika. W szczególności z zależności (8) wynika, że przy założeniu stałej wartości prędkości c_m wzdłuż promienia, rozkład prędkości względnej jest opisany funkcją liniową

$$\bar{w} = \bar{R} \quad (16)$$

Wreszcie z zależności (8) można wyznaczyć rozkład prędkości względnej, w przypadku, gdy rozkład prędkości c_m przyjmowany jest dowolnie.



Rys. 2. Rozkład wartości prędkości względnej wzdłuż promienia

Po określeniu przebiegu funkcji $w = f(R)$, w ogólnie znany sposób [1], [2] wyznacza się kształt łopatek. Podane rozważania słuszne są dla pomp wirowych odśrodkowych o niskich wartościach wyróżników szybkoobrotowości.

Ponieważ przyjęcie rozkładu prędkości względnej według zależności (15) powoduje wydłużenie łopatek, dlatego celowe jest przyjmowanie niskich liczb łopatek ($5 \div 6$).

LITERATURA

- [1] PFLEIDERER C.: Die Kreiselpumpen für Flüssigkeiten und Gase, Springer-Verlag, 1949.
- [2] ŁAZARKIEWICZ Sz., TROSKALIŃSKI A.T.: Pompy wirowe, PWT, 1959.
- [3] PANTELL K.: Über die Schaufelausbildung von Turbomaschinen, Konstruktion 1, 1949.
- [4] ECKERT B.: Sprężarki osiowe i promieniowe, PWT, 1959 r.

ПРОФИЛИРОВАНИЕ ЛОПАТКИ КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА,
С РАВНОМЕРНЫМ ЗАМЕДЛЕНИЕМ ПОТОКА

Резюме

Приведено метод профилирования лопатки колеса центробежного насоса с равномерным замедлением потока. Приведено формулу для определения зависимости относительной скорости от радиуса колеса, при линейном изменении меридиональной составляющей абсолютной скорости.

THE DETERMINATION OF THE SHAPE OF BLADES
IN A ROTOR WHEEL WITH A CONSTANT RETARDATION
OF THE FLOW IN A CENTRIFUGAL PUMPS

S u m m a r y

The overall dependences are given, which make it possible to determine the shape of blades in a rotor wheel with a constant retardation of the flow in the impeller passage. Moreover the formula is given for defining the relative velocity as a function of the radius when meridional velocities change linearly.