

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
INSTYTUT MASZYN PRZEPLYWOWYCH

PRACE
INSTYTUTU MASZYN
PRZEPLYWOWYCH

TRANSACTIONS
OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

83-84

WARSZAWA - POZNAŃ 1983

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPŁYWOWYCH

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

*

THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

RADA REDAKCYJNA—EDITORIAL BOARD

TADEUSZ GERLACH · HENRYK JARZYNA · JERZY KRZYŻANOWSKI
STEFAN PERYCZ · WŁODZIMIERZ PROSNAK · KAZIMIERZ STELLER
ROBERT SZEWAŁSKI (PRZEWODNICZĄCY - CHAIRMAN) · JÓZEF ŚMIGIELSKI

KOMITET REDAKCYJNY—EXECUTIVE EDITORS

KAZIMIERZ STELLER — REDAKTOR — EDITOR
WOJCIECH PIETRASZKIEWICZ · ZENON ZAKRZEWSKI
ANDRZEJ ŻABICKI

REDAKCJA—EDITORIAL OFFICE

Instytut Maszyn Przepływowych PAN
ul. Gen. Józefa Fiszera 14, 80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, tel. 41-12-71

Copyright
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1983

Printed in Poland

ISBN 83-01-04553-1
ISBN 0079-3205

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 340+90 egz.	Oddano do składania 17 VI 1982 r.
Ark. wyd. 21,5. Ark. druk. 16,75+1 wkl.	Podpisano do druku 22 IV 1983 r.
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g	Druk ukończono w maju 1983 r.
Nr zam. 489/184.	E-9/215. Cena zł 200,—

DRUKARNIA UNIwersytetu IM. A. MICKIEWICZA W POZNANIU

HYDROFORUM

KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

na temat

PROBLEMY ROZWOJU HYDRAULICZNYCH MASZYN
WIROWYCH ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POTRZEB
ENERGETYKI

Porąbka-Kozubnik, 20 - 23, września 1980 r.

*

HYDROFORUM

SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE

on

DEVELOPMENT PROBLEMS OF HYDRAULIC TURBOMACHINES
WITH SPECIAL ACCOUNT OF THE NEEDS OF POWER ENGINEERING

Porąbka-Kozubnik, September 20 - 23, 1980

*

ГИДРОФОРУМ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

на тему

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ МАШИН
С ОСОБЫМ УЧЕТОМ НУЖД ЭНЕРГЕТИКИ

Поромбка-Козубник, 20 - 23 сентября 1980 г.

PETR FLEISCHNER

Brno*

Berechnung des Schaufelprofils einer hydrodynamischen Maschine

Eine hydrodynamische Schaufelmaschine wird für bestimmte Parameter gebaut. Sie muss eine gegebene Energiemenge umsetzen. Dazu ist es notwendig geeignete Formen der Lauf- und Leitrad-schaufeln zu bilden. Die vorgelegte Arbeit informiert über ein mögliches Verfahren der Berechnung der Schaufelformen für vorgeschriebene äusserer und innere Parameter.

1. Singularitätenmethode

Der Grund des Verfahrens ist die Benutzung einer Singularitätenmethode. Es wird vorausgesetzt, dass im Raum einer hydrodynamischen Maschine eine nichtzusammen-drückbare ideale Flüssigkeit an den koaxialen Stromflächen fliesst. Der Strom wird in

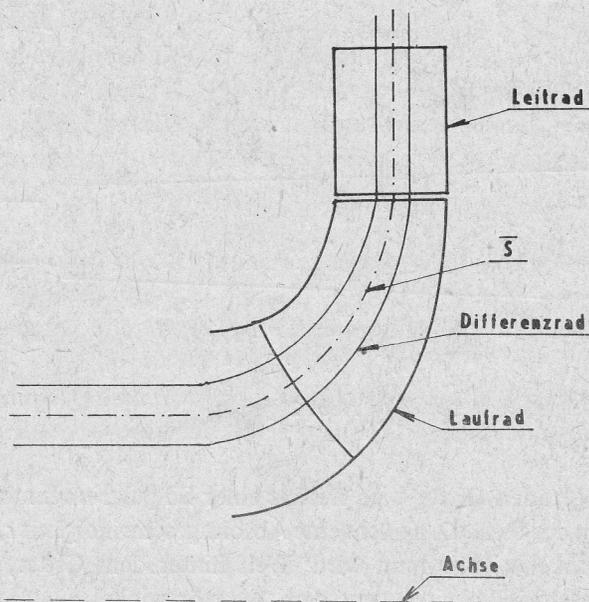


Abb. 1

* Lehrstuhl für Hydraulische Maschinen und Anlagen, Technische Universität, Brno.

Differenzräder mit mittleren Stromflächen \bar{S} zerlegt (Abb. 1); die Strömung wird in diesen Flächen gelöst. Die Stromflächen S werden in die $\zeta = \xi + i\eta$ (Abb. 2) Ebene so konform abgebildet, dass die Profile ein unendliches gerades Profilgitter veränderlicher Breite b bilden.

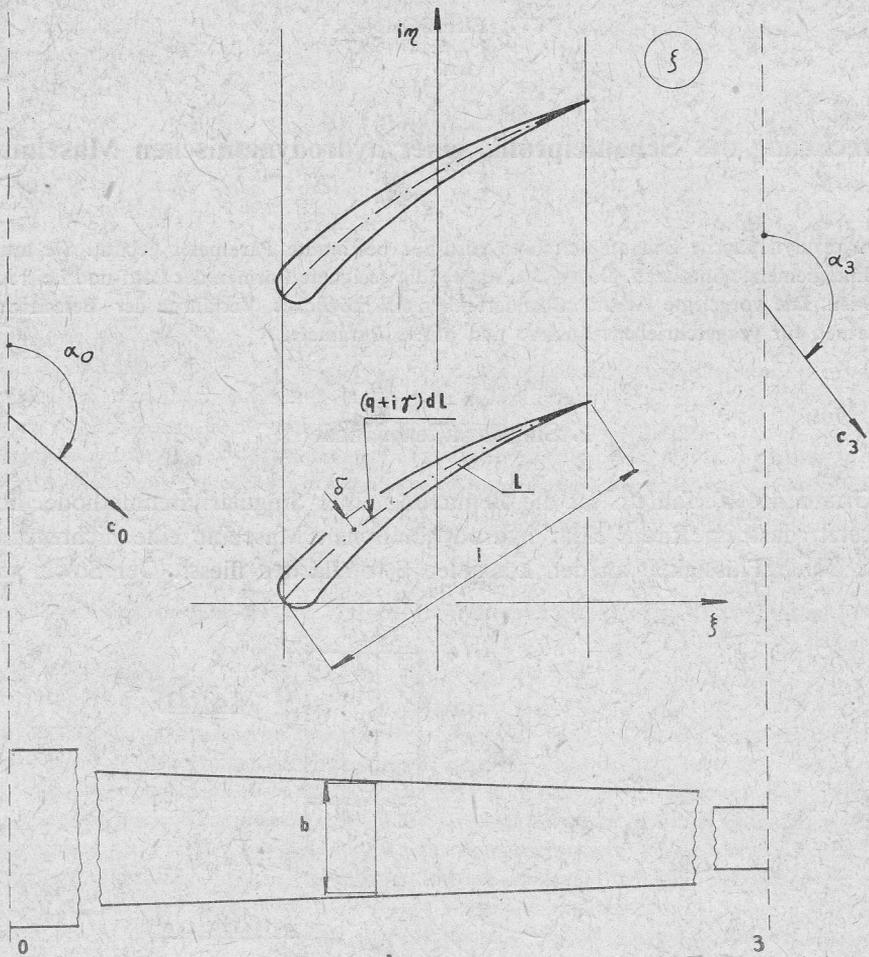


Abb. 2

Die Strömung im geraden Gitter wird mittels einer Singularitätenmethode modelliert. Weit vor dem Gitter, in der Stelle O , herrscht eine Absolutgeschwindigkeit c_0 , deren Richtung durch den Anströmwinkel α_0 bestimmt wird. Weit hinter dem Gitter, in der Stelle 3 , herrscht die Absolutgeschwindigkeit c_3 mit dem Abströmwinkel α_3 .

Die Profile werden in der Weise gebildet, dass auf den Skelettlinien L kontinuierlich verteilte elementare Quellen und Potentialwirbel sind. Die Grundströmung ist ein Parallelstrom mit der Geschwindigkeit $\vec{c}_\infty = \frac{1}{2}(\vec{c}_0 + \vec{c}_3)$. Das Zusammensetzen dieser Grundströmung

mit der Strömung, die von den Singularitäten verursacht wird, liefert die Konturlinien als geschlossene Stromlinien. Die Quellen- und Zirkulationsdichten (der Potentialwirbel) werden durch die von Czibere modifizierten Glauertschen Reihen ausgedrückt [1].

Die Theorie soll zu den Berechnungen der hydrodynamischen Maschinen angewendet werden; deshalb werden relativ dünne Profile vorausgesetzt, d.h. Profile mit dem kleinen Verhältnis δ_{\max}/l , wo δ_{\max} die maximale Halbdicke des Profils und l die Länge der Profilsehne ist. In diesem Fall können wir bestimmte Vereinfachungen des mathematischen Modells zulassen die einen verhältnismässig leichten Weg zur Lösung ermöglichen.

Wenn die Singularitäten auf den Skelettlinien der dünnen Profilen angeordnet sind, kann man zwei kinematische Bedingungen in den Aufpunkten erfüllen. Erste: die mittlere Relativgeschwindigkeit ist tangential zu der Skelettlinie, und zweite: auf einem elementaren Profilabschnitt ist die Kontinuitätsgleichung erfüllt. Die Geschwindigkeit auf der Kontur wird durch den Reigelsfaktor korrigiert, obwohl man diese Korrektur vervollständigen kann [2].

2. Das indirekte Problem

Am Anfang sind die folgenden Parameter und Randbedingungen bekannt: der Meridianschnitt des Rades inklusive der zirkularen Projektionen der Anström- und Abströmkanten, die Schaufelzahl, die Durchflussmenge, die Drehzahl des Rades und die Energieänderung beim Durchfluss der Flüssigkeit. Die relative Schaufeldicke angesichts der Länge der Profilsehne wird gewählt. Das Rad wird in Differenzräder zerlegt, in den man die Stromflächen \bar{S} finden muss.

Es ist möglich eine indirekte Aufgabe in verschiedenen Weisen zu vergeben. Ich strebte nach dem Aufstellen der Aufgabe, die im Bau der hydrodynamischen Maschinen verwendet werden kann. Die Maschine muss eine Energiemenge umwandeln und die Strömung muss nur kleine Energieverluste aufweisen, das heisst, die Grenzschicht soll sich nicht abreißen.

Davon gehen zwei Bedingungen hervor:

- a) äussere Bedingung: die Richtung des Flüssigkeitsstromes ist weit von und weit hinter dem Gitter gegeben,
- b) innere Bedingung: die Weise der Geschwindigkeitsverteilung an einer Profilseite ist vorgeschrieben.

Die äussere Bedingung liefert die Zirkulationsgrösse um Profile; sie ist proportional der Änderung der Energie der Flüssigkeit beim Durchströmung durch ein rotierendes Rad.

Die Geschwindigkeiten auf der Ober- und Unterseite des Profils sind mit der vorgeschriebenen Zirkulationsgrösse und der Profilform gebunden. Aus diesem Grunde können sie nicht willkürlich gewählt werden. Daraus geht es hervor: es ist möglich eine Weise der Geschwindigkeitsverteilung auf einer Profilseite zu wählen; die wirklichen Geschwindigkeiten in allen Profilpunkten sind proportional zu den gewählten Geschwindigkeiten. Die Geschwindigkeiten auf der zweiten Profilseite gehen aus der Zirkulationsgrösse und der Profilform hervor.

3. Die Lösung

Das Profiltter wird aus dem Differenzrad in ein gerades Gitter konform abgebildet. Gleichzeitig werden auch die gewählte Geschwindigkeiten transformiert. Die äussere Bedingung wird für das gerade Gitter erfüllt, sowie auch die innere Bedingung, die aber nur in den Aufpunkten.

Die Berechnung geht aus einer gewählter Profilform aus. Die Aufgabe führt zur Lösung eines Systems der Lineargleichungen, in dem die Unbekannten die Koeffizienten der modifizierten Glauertschen Reihen und der Koeffizient der Proportionalität zwischen den wirklichen und gewählten Geschwindigkeiten sind.

Auf dem Grunde der berechneten Glauertschen Koeffizienten werden die Richtungen der Tangenten zu dem neuen Profil bestimmt und davon, durch das numerische Integrieren, die Form der Skelettlinie, also die Profilform. Unterscheidet sich die berechnete Profilform von der ursprünglichen, wird die neue als Ausgangsform für den nächsten Berechnungsschritt angewandt. Die Rechnung geht so weit, bis die nachstehenden Profile voneinander nicht zuviel verschieden sind.

4. Die Schlussfolgerung

Das gewonnene Profil muss real sein. Die Skelettlinie ist durch eine einfache geometrische Linie angenähert, deren Krümmung ändert sich nicht viel. Die Richtungen der Tangenten in den Aufpunkten sind die wichtigsten Grössen in der Berechnung und deshalb müssen sie für das Profil charakteristisch sein.

Die Aufgabe ist in der Programmiersprache Algol 60 für die Rechenmaschine SAAB D21 programmiert worden.

Literatur

- [1] T. Czibere, *Über die Berechnung der Schaufelprofile und die Strömung um die Schaufeln von Strömungsmaschinen*. Ing.-Archiv, Band 35 (1964), S. 215 - 230.
- [2] R. Rohatyński, Vortrag auf dem Kolloquium Euromech 129. Varna 1980.

Obliczanie profilu łopatkowego maszyny hydraulicznej

Streszczenie

Przepływ w maszynie hydraulicznej rozwiązuje się matematycznie zakładając istnienie powierzchni wirowych. Na ruch cieczy po powierzchni prądu nie wpływają inne powierzchnie prądu. Zakłada się doskonałość cieczy i brak rotacji w bezwzględnym układzie współrzędnych.

Opracowano metodę matematyczną umożliwiającą obliczanie kształtu profilu łopatkowego. Metoda może być stosowana zarówno dla stacjonarnych, jak i wirujących palisad łopatkowych typu promieniowego, diagonalnego i osiowego. Kąt napływu i wypływu, tzn. wymiana energii, gdy rozważa się wirnik, jak również rozkład grubości i prędkości po stronie czynnej lub biernej są z góry zadane. Zakłada się, że kształt powierzchni prądu jest znany.

Powyższa teoria była sprawdzona dla wielu przypadków.

Calculation of the Blade Profile for a Hydraulic Machine

Summary

The flow in a hydraulic machine is solved mathematically under an assumption of existence of stream surfaces. The movement of the liquid in a stream surface is not influenced by the other stream surfaces. The perfect liquid with no rotation in the absolute system of coordinates is assumed.

The mathematical method has been developed that enables to calculate the shape of a blade section. The method can be used for both stationary and rotating cascades of radial, diagonal and axial type. The inflow and outflow angle, that is the change of energy when a runner is considered, as well as the thickness and velocity distribution on the pressure or suction side are preset. The shape of stream surfaces is assumed to be known.

The theory mentioned above has been proved for various cases.

Расчет лопаточного профиля гидравлической машины

Резюме

Течение в гидравлической машине решается математически предполагая существование поверхностей тока. На движение жидкости по поверхности тока не влияют другие поверхности тока. Предполагаются идеальность жидкости и отсутствие ротации в абсолютной системе координат.

Обработан математический метод позволяющий вычислять форму лопаточного профиля. Входной и выходной углы, т.е. обмен энергии, когда рассматривается ротор, как и распределения толщины и скорости по активной или пассивной сторонах вперед задаются. Предполагается, что форма поверхности тока известна.

Вышеупомянутая теория проверена для многих случаев.