

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
I N S T Y T U T M A S Z Y N P R Z E P Ł Y W O W Y C H

PRACE
I N S T Y T U T U M A S Z Y N
P R Z E P Ł Y W O W Y C H

T R A N S A C T I O N S
O F T H E I N S T I T U T E O F F L U I D - F L O W M A C H I N E R Y

61

W A R S Z A W A — P O Z N A Ń 1 9 7 3

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W O N A U K O W E

PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPLYWOWYCH

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

KOMITET REDAKCYJNY - EXECUTIVE EDITORS
KAZIMIERZ STELLER - REDAKTOR - EDITOR
JÓZEF ŚMIGIELSKI · ANDRZEJ ŻABICKI

REDAKCJA - EDITORIAL OFFICE
Instytut Maszyn Przepływowych PAN, 80-952 Gdańsk
ul. Gen. J. Fiszer 14, tel. 41-12-71

Copyright
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe
Warszawa 1973

Printed in Poland

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE - ODDZIAŁ W POZNANIU

Nakład 410+90 egz.

Oddano do składania 22 VIII 1972 r.

Ark. wyd. 9,0. Ark. druk. 7,5

Podpisano do druku 14 III 1973 r.

Pap. druk. sat. kl. V, 62 g

Druk ukończono w marcu 1973 r.

Nr zam. 554/128

D-4/155. Cena zł 27,-

DRUKARNIA UNIWERSYTETU IM. A. MICKIEWICZA W POZNANIU

HENRYK JARZYNA, JĘDRZEJ KORONOWICZ

Gdańsk

Stanowisko do badań układów śrub tandem przeciwbieżnych

W pracy przedstawiono koncepcję, działanie oraz złożony proces cechowania stoiska współpracującego z tunelem kawitacyjnym IMP PAN, służącego do badania układów śrub tandem przeciwbieżnych. Wobec niemożności wprowadzenia do tunelu wału dla śruby tylnej układu, stoisko to rozwiązało problem badania układów śrub przeciwbieżnych w tunelu kawitacyjnym IMP PAN i znakomicie rozszerzyło funkcje badawcze tunelu.

Wstęp

Instytut Maszyn Przepływowych PAN dysponuje tunelem kawitacyjnym o małej przestrzeni pomiarowej (300 mm × 300 mm) z jednostronnym wałem śrubowym. Fakt ten ogranicza możliwości badawcze jedynie do badania śrub pojedynczych i śrub tandem współbieżnych. Wszelkie inne badania wymagają dodatkowych stoisk przystawkowych, wyspecyfikowanych.

Dla badań zespołów dysza-śruba, celem umożliwienia pomiaru siły naporu na dyszy, opracowano przystawkę dynamometryczną dyszową. Trójparametrowy dynamometr do pomiaru sił na płacie rozszerza funkcje tunelu pozwalając na badanie charakterystyk hydrodynamicznych płatów. Badania pędników cykloidalnych w tunelu kawitacyjnym można było podjąć po opracowaniu specjalnego stoiska nośno-pomiarowego, które umożliwiło pomiar naporu na pędniku cykloidalnym o osi prostopadłej do osi tunelu zapewniając jednocześnie szczelność przestrzeni pomiarowej.

Stoisko, którego budowę i funkcje prezentujemy w tej pracy, a które ma służyć do cyklu badań nad układami tandem śrub przeciwbieżnych i współbieżnych, stanowi dalsze ogniwo w poszerzaniu przydatności tunelu kawitacyjnego IMP PAN.

Stanowisko jest urządzeniem unikalnym. Jego cechą podstawową jest pomiar wielkości podstawowych śruby, takich jak napór, moment i obroty na elementach zewnętrznych, znajdujących się poza przestrzenią pomiarową. Taka koncepcja wynika z warunków obiektywnych. Z koncepcją taką związane są określone trudności, w szczególności dotyczące konieczności zapewnienia elementowi nośnemu śruby dostatecznej swobody ruchu i zapewnienia jednocześnie szczelności przestrzeni pomiarowej dla umożliwienia badań kawitacyjnych.

Stanowisko prezentowane w tej pracy współpracujące z tunelem kawitacyjnym stwarza możliwości oddzielnego pomiaru naporu, momentu i obrotów na każdej ze śrub układu przeciwbieżnego poddanego badaniom.

1. Koncepcja stanowiska badawczego

W skład stoiska wchodzi trzy zasadnicze części:

– Wspornik śruby zanurzony w przestrzeni pomiarowej, współosiowo z wałem tunelu kawitacyjnego, mieszczący w sobie poziomą część wału napędowego oraz część dolną wału pionowego.

– Stojak z wieszakiem związany sztywno z przestrzenią pomiarową. Wieszak związany jest ze stojakiem za pośrednictwem 4 belek zginanych przy przemieszczaniu się wieszaka pod wpływem siły działającej w kierunku osi przestrzeni pomiarowej.

– Silnik napędowy wraz z częścią górną i środkową wału napędowego, pionowego.

Wspornik śruby tworzy z wieszakiem sztywną, lecz rozdzielną całość. Uzupelnienie stoiska stanowi płyta przykrywająca górne okno przestrzeni pomiarowej i przepuszczająca wspornik poprzez specjalnego rodzaju uszczelnienie.

Uszczelnienie to spełniać winno dwie funkcje:

– zapewniać szczelność przestrzeni pomiarowej zwłaszcza w badaniach kawitacyjnych, gdy różnica ciśnień Δp po obu stronach uszczelki dochodzi do 1 at; wymaga się ponadto takiego ukształtowania uszczelki, by jej wpływ na pomiar naporu był niezależny od różnicy ciśnień Δp po obu jej stronach,

– zapewniać swobodę ruchu wspornika wraz z wieszakiem w zakresie małych przemieszczeń w płaszczyźnie poziomej.

Siły działające wzdłuż osi wspornika śruby (napór śruby, opór wspornika) przemieszczają wspornik wraz z wieszakiem i są równoważone siłami sprężystości belek zawieszenia i uszczelki. Wielkość przesunięcia mierzona czujnikiem indukcyjnym jest miarą siły \vec{F} będącej sumą naporu $\vec{T}_{\text{śruby}}$ i oporu \vec{R}_w wspornika

$$\vec{F} = \vec{T} + \vec{R}_w.$$

Opór \vec{R}_w winien podlegać cechowaniu. Należy się spodziewać, że opór \vec{R}_w wspornika będzie funkcją obciążenia śruby lub śrub pracujących przed wspornikiem. Zmiana obciążenia może się ujawniać w dwojaki sposób:

– poprzez zwiększenie prędkości opływu wspornika o prędkości indukowane,

– poprzez zakłócenia rozkładu ciśnień na wsporniku spowodowane obecnością składowych obwodowych prędkości indukowanych.

Zakłócenia spowodowane istnieniem składowych obwodowych prędkości indukowanych eliminuje się w stopniu praktycznie wystarczającym poprzez prostowanie strumienia zaśrubowego w specjalnie instalowanej prostownicy. Pozostają do wyznaczenia w procesie cechowania zakłócenia umiejscowione przed prostownicą.

Wpływ zaś prędkości indukowanych osiowych uwzględnia się poprzez dodatkowy pomiar prędkości strumienia wyprostowanego. Taki tryb postępowania sprowadza cecho-

wanie oporu \vec{R}_w , wspornika do pomiaru oporu w strumieniu śruby przedniej oraz pomiaru oporu w strumieniu niezakłóconym pracą śrub.

Stoisko współpracuje z tunelem kawitacyjnym.

Śrubę przednią układu tandem śrub przeciwbieżnych umieszcza się na wale tuneLOWYM i jej parametry mierzy się na normalnym wyposażeniu pomiarowym tunelu (T_p – napór, M_p – moment, n_p – obroty). Śrubę tylną umieszcza się na wale stoiska mierząc jej parametry na wyposażeniu pomiarowym stoiska (T_t – napór, M_t – moment, n_t – obroty).

Poza tym mierzy się prędkość strumienia przed układem śrub, prędkość strumienia za prostownicą dodatkową ułożoną za układem śrub oraz ciśnienie statyczne w przestrzeni pomiarowej.

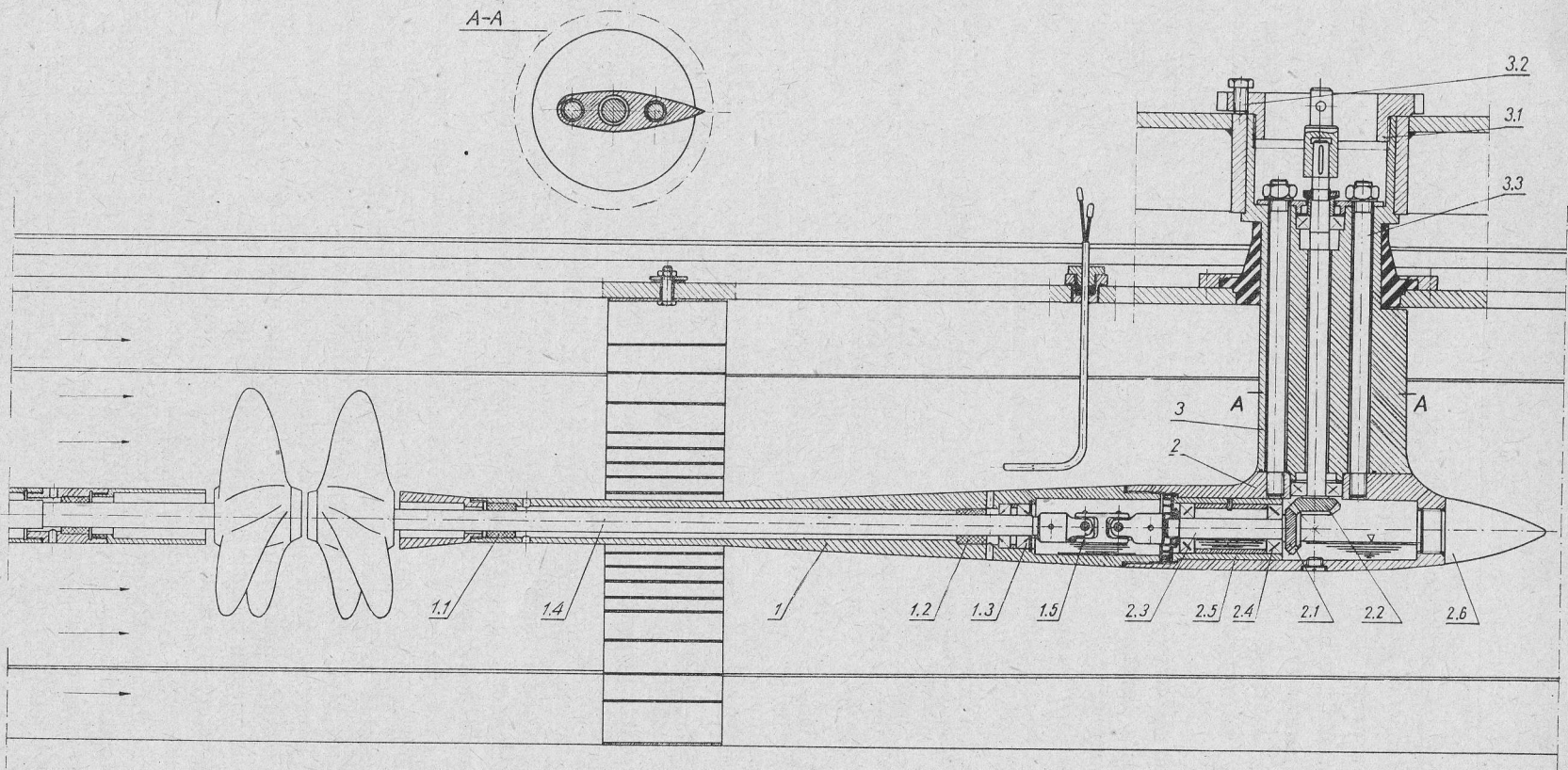
2. Konstrukcja stanowiska

Konstrukcja podstawowych zespołów stoiska została przedstawiona na rysunkach 1, 2 i 3.

Wspornik (rys. 1) ukształtowano w postaci ciała wrzecionowatego złożonego z dwóch części poziomych 1 i 2 oraz części pionowej 3. Część 1 mieści dwa łożyska ślizgowe smarowane wodą 1.1 i 1.2, dwie uszczelki typu Simmera 1.3, wał śrubowy 1.4 oraz podwójny przegub Kardana 1.5. Część 2 zawiera przekładnię stożkową. Koło zębate 2.1 wraz z wałkiem 2.3 osadzone jest w łożyskach skośnych 2.4, a całość osadzona w tuleji 2.5, której położenie podczas montażu można ustalać. Część 2 zamknięta jest opływką 2.6. Wałek koła zębatego 2.2 łożyskowany jest jednym łożyskiem w części 2, drugim w części 3. Część 3 ukształtowana jest opływowo w przestrzeni pomiarowej, a posiada kształt walcowy powyżej przestrzeni pomiarowej. Na jednym z odcinków walcowych umieszczono specjalnie ukształtowaną uszczelkę. Drugi odcinek walcowy przeznaczono do wiązania wspornika z wieszakiem. Wiązanie to następuje przez dokręcanie nakrętki 3.1, kontrolowanej śrubami 3.2. Część 2 wiąże się z częścią 3 śrubami 3.3. Część 1 zaś wiąże się z częścią 2 poprzez połączenie gwintowe. Wałek śrubowy wystaje z części 1 dla nałożenia nań śruby i opływki redukującej przekrój piasty na przekrój wspornika.

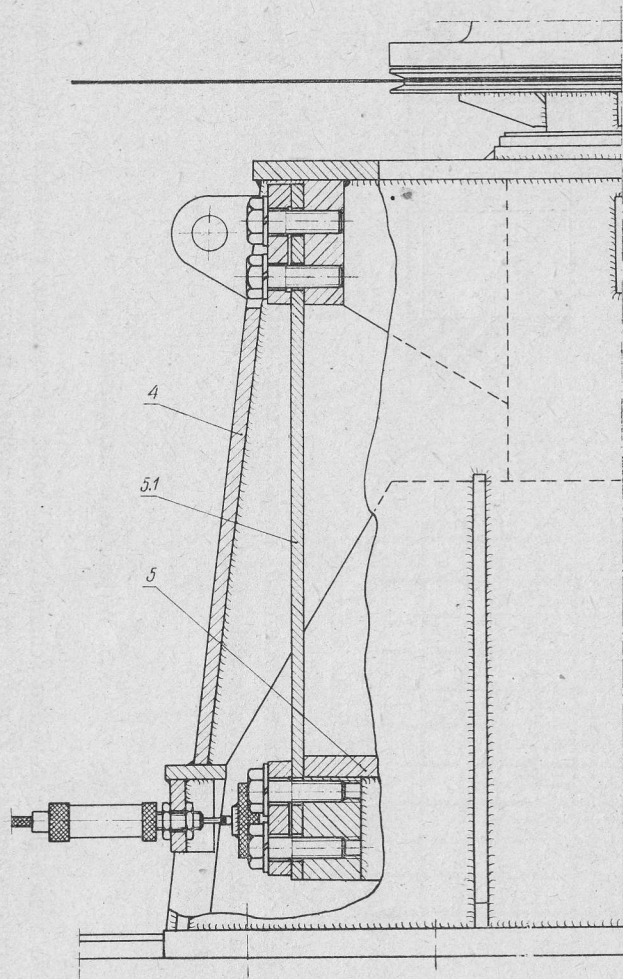
Stojak 4 z wieszakiem 5 (rys. 2 i 3) stanowi podstawowy element nośny stoiska. Korpus stojaka ukształtowano tak, by zapewnić mu dostateczną sztywność, jeśli ma stanowić układ odniesienia dla pomiaru przesunięć wieszaka. Stojak wiąże się połączeniami śrubowymi z górną płytą przestrzeni pomiarowej tunelu kawitacyjnego. Charakterystycznym szczegółem konstrukcyjnym stojaka jest tuleja 4.2 o osi pionowej, w którą wsuwa się tuleję łożyskową statora silnika napędowego. Pod płytą górną między łapami stojaka zwiisa wieszak 5 na czterech belkach 5.1 zginanych siłą naporu. Przekroje belek są tak dobrane by zwielokrotnić sztywność belek w kierunku prostopadłym do naporu.

Silnik napędowy przeznaczony do pracy w pozycji pionowej, ze statorem kołnierzym, pracuje wsparty jednostronnie na stojaku (rys. 3). Stator silnika winien być łożyskowany w stojaku dla zapewnienia możliwości pomiaru momentu. W tym celu wiąże się ze statorem tuleję kołnierzową 6.1, a tę z kolei łożyskuje się w tulei zewnętrznej 6.2. Montując zespół napędowy na stojaku wsuwa się tę tuleję zewnętrzną w tuleję stojaka 4.2

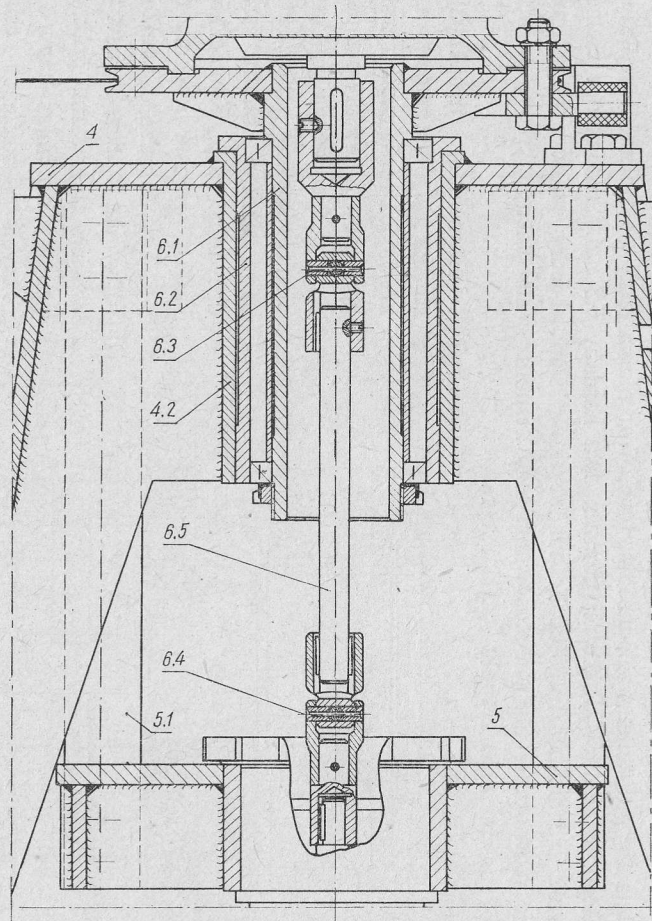


Rys. 1. Wspornik

[173]

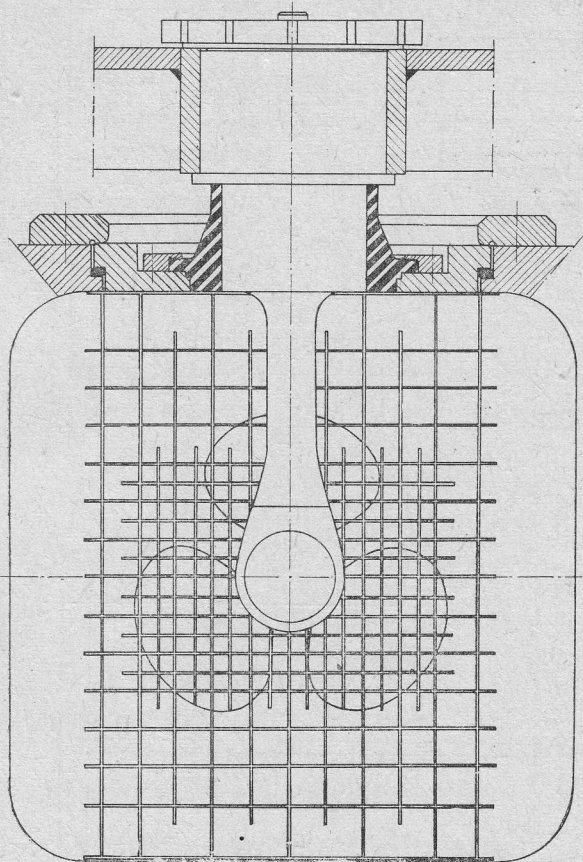


Rys. 2. Wieszak



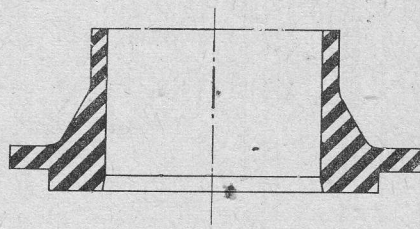
Rys. 3. Zespół łożyskowy silnika

i ustala się położenie względne obu tulei. Wał silnika łączy się z elementem wału koła zębatego przekładni stożkowej poprzez dwa kardany 6.3 i 6.4 rozdzielone elementem wału 6.5 o zmiennej długości. Zespół łożyskowy stanowi jedną całość wraz z silnikiem. Takie rozwiązanie ułatwia stosowanie tego zespołu w stoiskach pokrewnych, bez potrzeby powtarzania zespołu łożyskowego.



Rys. 4. Uszczelnienie wspornika

Elementem uzupełniającym stoiska jest płyta metalowa przykrywająca górną część przestrzeni pomiarowej. Płyta przepuszcza poprzez specjalnego typu uszczelnienie wspornik śruby. Przebadano różnego kształtu uszczelki decydując się ostatecznie na kształt przedstawiony na rys. 4 i 5. Tak dobrana uszczelka, jak to wynika z cechowania stoiska, wywiera taki sam praktycznie wpływ na pomiar naporu przy różnych wartościach ciśnienia



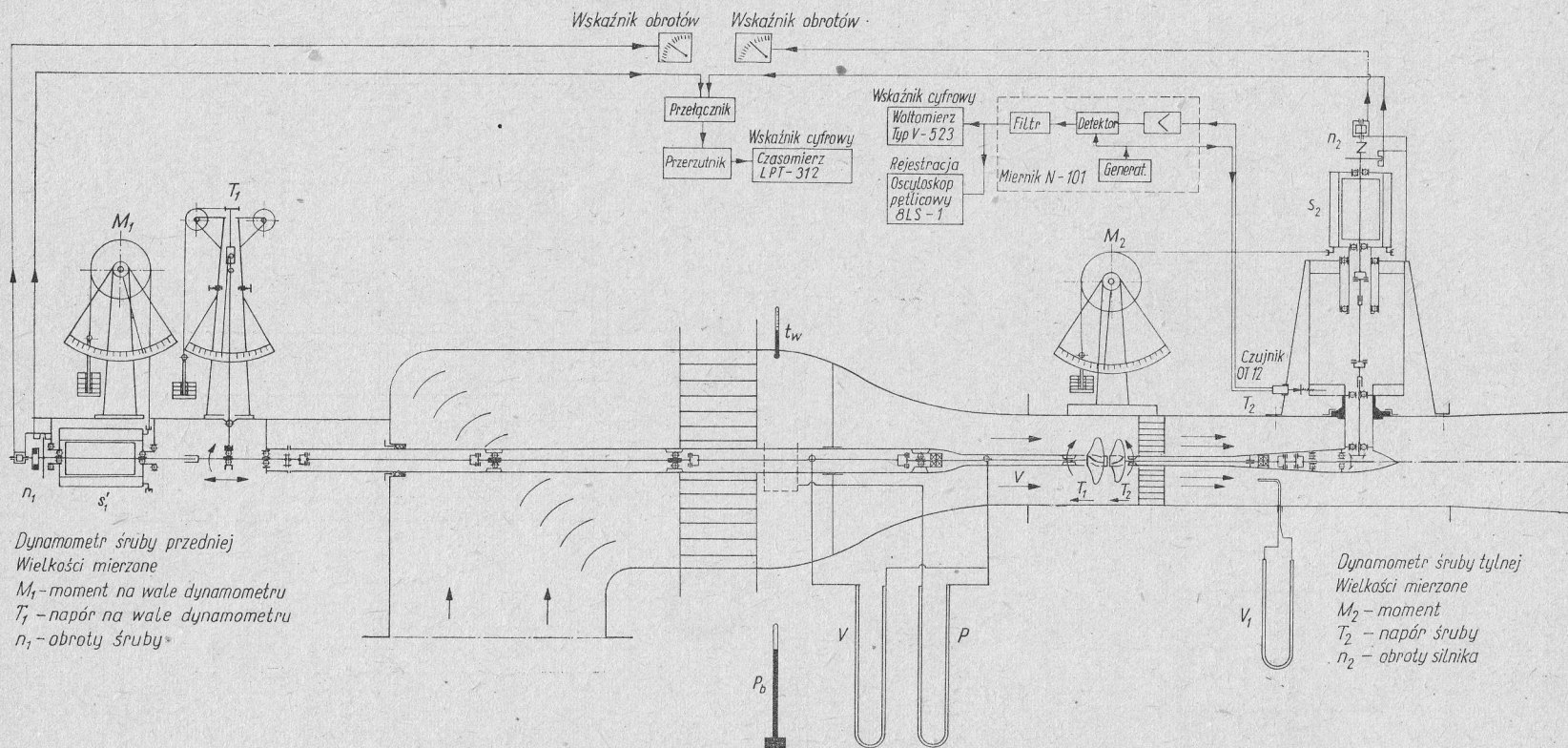
Rys. 5. Uszczelka

w tunelu. Badania uszczelki, jakie miały miejsce, przeprowadzono głównie właśnie z tego punktu widzenia. Cechowanie wpływu ciśnienia w tunelu na pomiar naporu byłoby sprawą niezmiernie kłopotliwą.

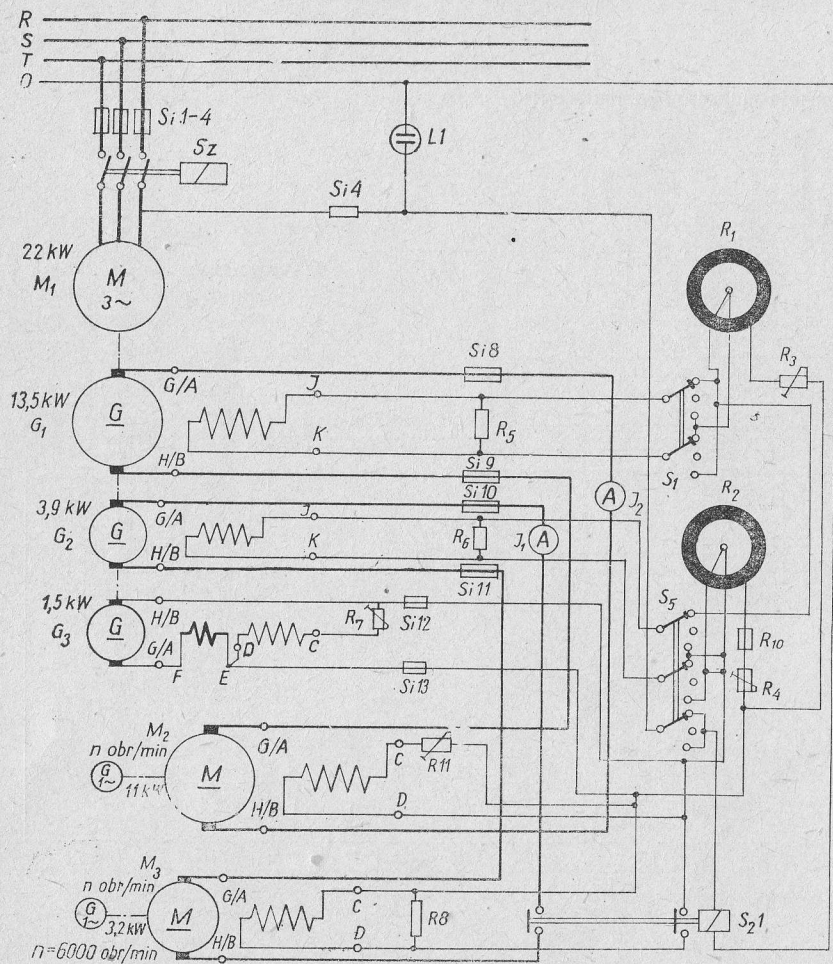
3. Wyposażenie stanowiska

Na rys. 6 przedstawiono schematycznie pełne wyposażenie stanowiska do badania śrub przeciwbieżnych. Zestaw pomiarowy do pomiaru parametrów hydrodynamicznych śruby przedniej stanowi normalne wyposażenie tunelu. W skład tego zespołu wchodzi:

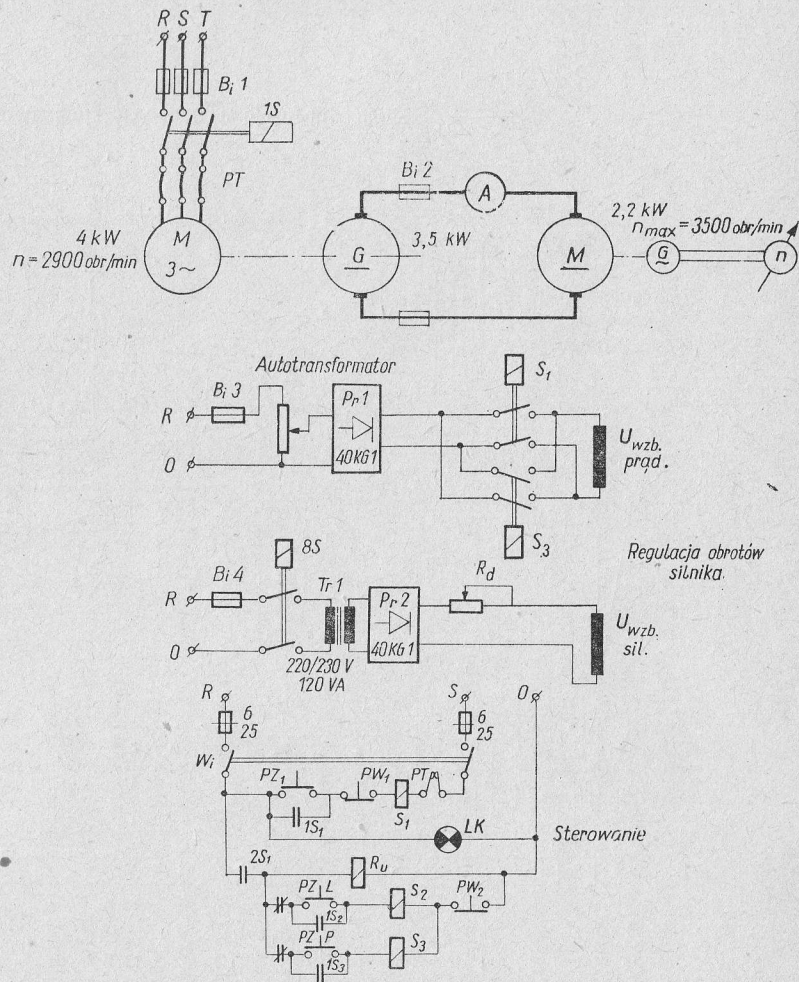
- dynamometr do pomiaru naporu śruby przedniej,



Rys. 6. Schemat wyposażenia stoiska do badania śrub przeciwbieżnych



Rys. 7. Schemat instalacji elektrycznej napędu pompy obiegowej i śruby przedniej



Rys. 8. Schemat elektryczny napędu śruby tylnej

- dynamometr do pomiaru momentu sił na śrubie przedniej,
- manometr rtęciowy do pomiaru ciśnienia w przestrzeni pomiarowej tunelu,
- manometr rtęciowy do pomiaru prędkości średniej strumienia przed śrubą przednią,
- manometr z płynem $\gamma=2 \text{ G/cm}^3$ do pomiaru prędkości średniej strumienia przed śrubą przednią,
- miernik obrotów do pomiarów zgrubnych,
- miernik obrotów do pomiarów dokładnych ze wzkaźnikiem cyfrowym podającym czas jednego obrotu śruby przedniej.

Na rys. 7 podano schemat elektrycznych układów napędowych śruby przedniej i pompy obiegowej tunelu wraz ze schematem regulacji silników napędowych śrubowego i pompowego.

Parametry hydrodynamiczne i kinematyczne śruby tylnej mierzy się nieco odmiennie. Pomiar momentu śruby tylnej odbywa się na wadze uchyłnej. Wielkość mierzona M_2 jest momentem na pionowym odcinku wału napędowego. Moment śruby tylnej należy obliczyć biorąc pod uwagę przełożenie przekładni

$$M_t = M_m \cdot 1,0714.$$

Wprowadza się oczywiście poprawkę na moment oporów własnych.

Pomiaru naporu dokonuje się za pomocą czujników indukcyjnych, a odczytuje na woltomierzu cyfrowym. Do pomiaru obrotów wykorzystuje się miernik czasu służący jednocześnie do pomiaru obrotów śruby przedniej, sterując za pomocą przełącznika impulsami z obu fotokomórek. Obroty mierzone są obrotami silnika. Należy je przeliczyć na obroty śruby tylnej uwzględniając przełożenie

$$\omega_t = \omega_n \cdot 0,933.$$

Jak wyjaśniono w rozdziale następnym konieczny jest pomiar dodatkowy prędkości v_1 strumienia w pobliżu wspornika. Tę prędkość lokalną mierzy się za pomocą rurki Prandtla i manometru z płynem $\gamma=2 \text{ G/cm}^3$.

Schemat elektryczny układu napędowego śruby tylnej pokazano na rys. 8 łącznie ze schematem sterowania silnikiem napędowym.

4. Cechowanie stanowiska. Badania sprawdzające

Jako pierwszy krok rozważmy cechowanie stoiska zmierzające do tego, by charakteryzacji dynamicznej śruby badanej na wale tunelu (rys. 9a) i na wsporniku stoiska badawczego (rys. 9c) sprowadzić za pomocą danych cechowania do identycznych krzywych. Głównie chodzi tu o równość naporu w obu przypadkach: naporu T_2 śruby w układzie *b* oraz naporu T_3 śruby w układzie *c*. Obie siły T_2 i T_3 są siłami generowanymi na skrzydłach śruby.

Winniśmy więc mieć

$$T_3 \equiv T_2. \quad (4.1)$$

Jeśli określić, zgodnie z rysunkiem 9b i 9c,

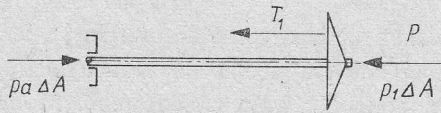
$$T_3 = T_{2m} + p_a \Delta A - p_2 \Delta A, \quad (4.2)$$

$$T_3 = T_{3m} + R_3 + p_3 \Delta A, \quad (4.3)$$

gdzie T_{2m} – siła mierzona w układzie b, T_{3m} – siła mierzona w układzie c, ΔA – pole przekroju końcówek wału, mamy

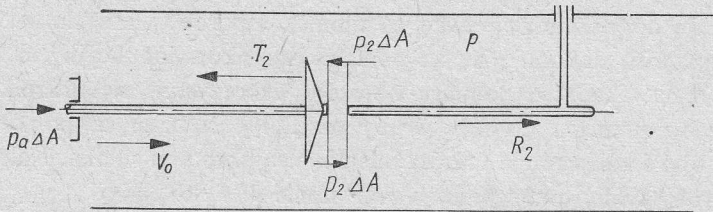
$$T_{3m} = R_3 + p_3 \Delta A = T_{2m} + p_a \Delta A - p_2 \Delta A. \quad (4.4)$$

a)



$$T_1 m = T_1 - p_a \Delta A + p_1 \Delta A = T_1 - (p_a - p_1) \Delta A$$

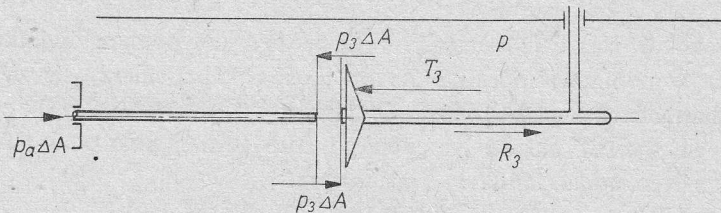
b)



$$T_2 m = T_2 - p_a \Delta A + p_2 \Delta A$$

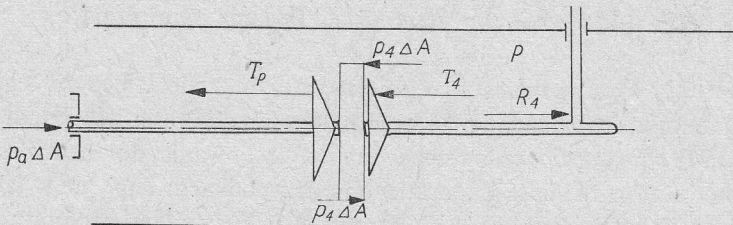
$$R_2 m = R_2 + p_2 \Delta A$$

c)



$$T_3 m = T_3 - R_3 - p_3 \Delta A$$

d)



$$T_p m = T_p - p_a \Delta A + p_4 \Delta A$$

$$T_t m = T_t - R_4 - p_4 \Delta A$$

Rys. 9. Schematy układów cechowanych

Jeśli przyjąć dalej

$$p_2 = p - \Delta p, \quad (4.5)$$

$$p_3 \approx p, \quad (4.6)$$

gdzie p – ciśnienie w przestrzeni pomiarowej tunelu, otrzymujemy

$$T_{3m} + R_3 + p \Delta A = T_{2m} + p_a \Delta A - p \Delta A + \Delta p \Delta A \quad (4.7)$$

lub

$$T_{3m} + R_3 + p_2 \Delta A = T_{2m} + (p_a - p) \Delta A. \quad (4.8)$$

Możemy dalej założyć, że

$$R_2 \equiv R_3 \quad (4.9)$$

pamiętając, że R_2 i R_3 są siłami osiowymi działającymi na wspornik w układzie b i c (rys. 9) bez uwzględnienia tych składowych sił, które działają na powierzchnie czołowe wału wspornika.

Mamy

$$T_{3m} + R_2 + p_2 \Delta A = T_{2m} + (p_a - p) \Delta A \quad (4.10)$$

lub

$$T_{3m} + R_{2m} = T_{2m} + (p_a - p) \Delta A, \quad (4.11)$$

gdzie R_{2m} – siła mierzona na wsporniku w obecności śruby pracującej na wale tunelu (rys. 9b).

Jeżeli wielkości T_{3m} oraz T_{2m} i R_{2m} mierzone odpowiednio w układzie c oraz b spełniają równanie (4.11), wówczas cechowanie wielkości R_{2m} uznać należy za poprawne.

Na rysunkach 12, 13 i 14 przedstawiono charakterystyki K_T i K_Q trzech różnych śrub badanych w układach b i c . Charakterystyki każdej ze śrub w obu układach wykazują całkowitą zgodność praktyczną. Świadczy to z jednej strony o słuszności przyjętego sposobu cechowania stoiska, a z drugiej strony o przydatności stoiska do badań śrubowych.

Należy teraz rozważyć sposób cechowania stoiska w przypadku badania układu d . Według oznaczeń na rys. 9d można określić napór śruby przedniej jako

$$T_{pm} + (p_a - p) \Delta A, \quad (4.12)$$

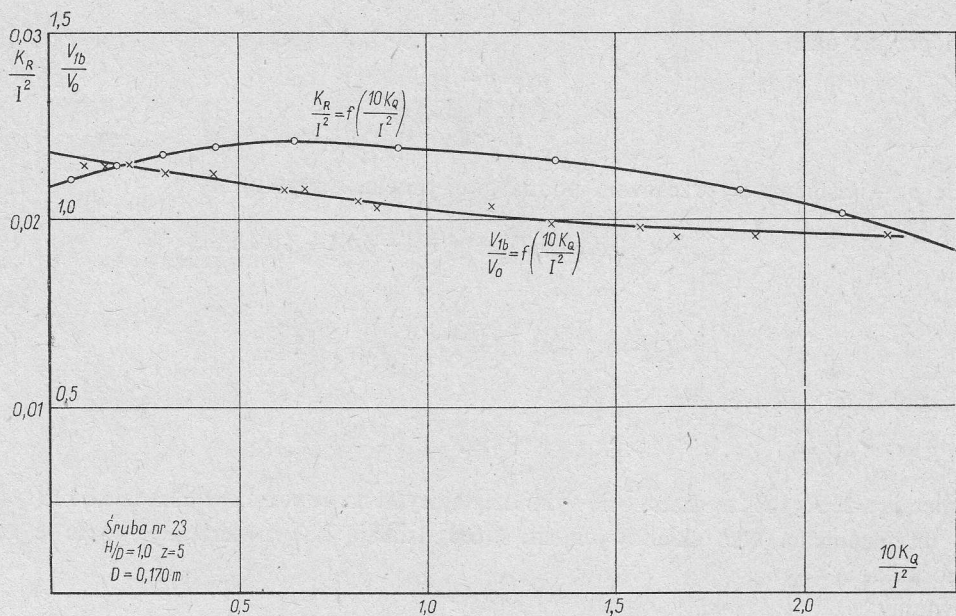
a napór śruby tylnej jako

$$T_{tm} + R_{4m}, \quad (4.13)$$

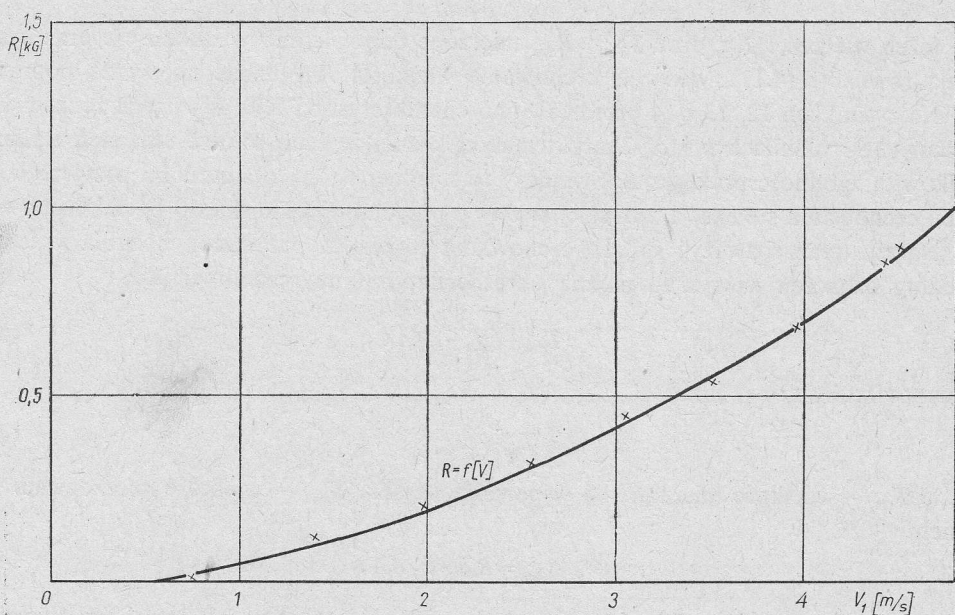
gdzie T_{tm} – wielkość mierzona na wsporniku stoiska, T_{pm} – wielkość mierzona na wale tunelu

$$R_{4m} = R_4 + p_4 \Delta A. \quad (4.14)$$

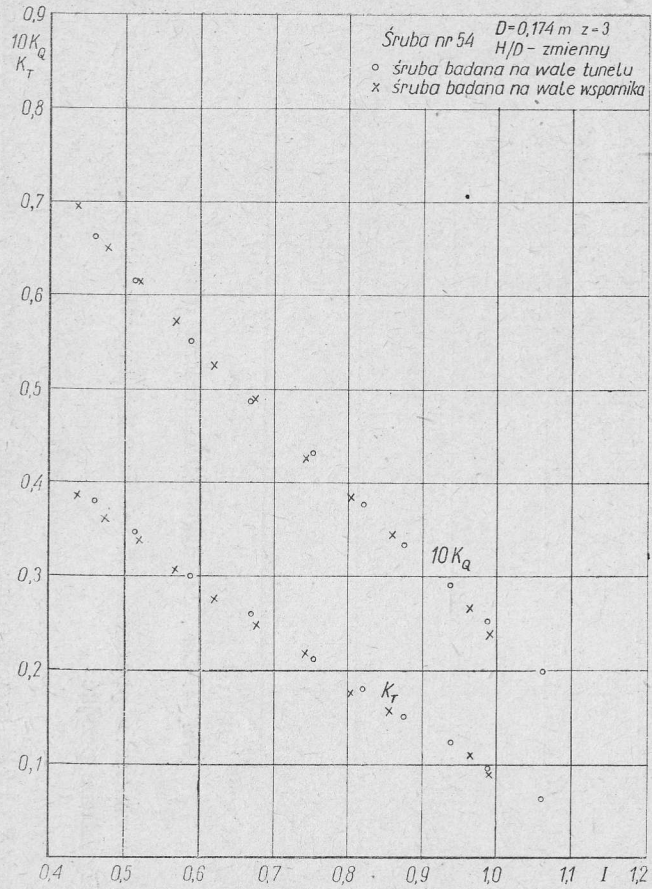
Siła R_4 , podobnie jak R_2 , jest siłą osiową na wsporniku bez składowej siły działającej na powierzchni czołowej wału wspornika. Inne prędkości strumienia wpływającego wspornik w układzie b i d sprawiają, że obie siły R_4 i R_2 są w zasadzie różne.



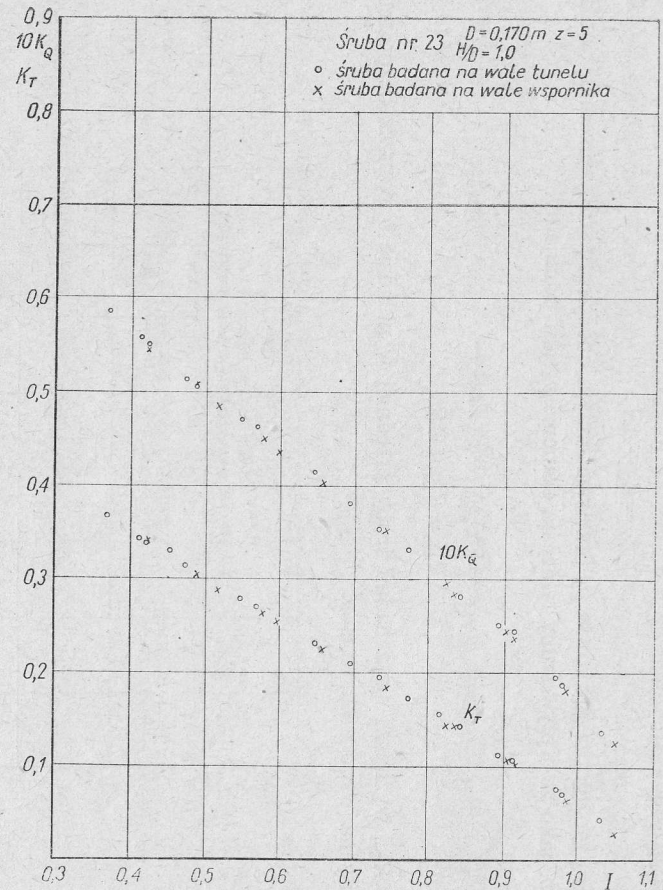
Rys. 10. Krzywa cechowania oporu R_{zm} wspornika dla śruby przedniej nr 23



Rys. 11. Krzywa cechowania oporu wspornika bez śruby



Rys. 12. Charakterystyki hydrodynamiczne śruby nr 54



Rys. 13. Charakterystyki hydrodynamiczne śruby nr 23

Można przyjąć

$$R_4 = R_2 + \Delta R. \quad (4.15)$$

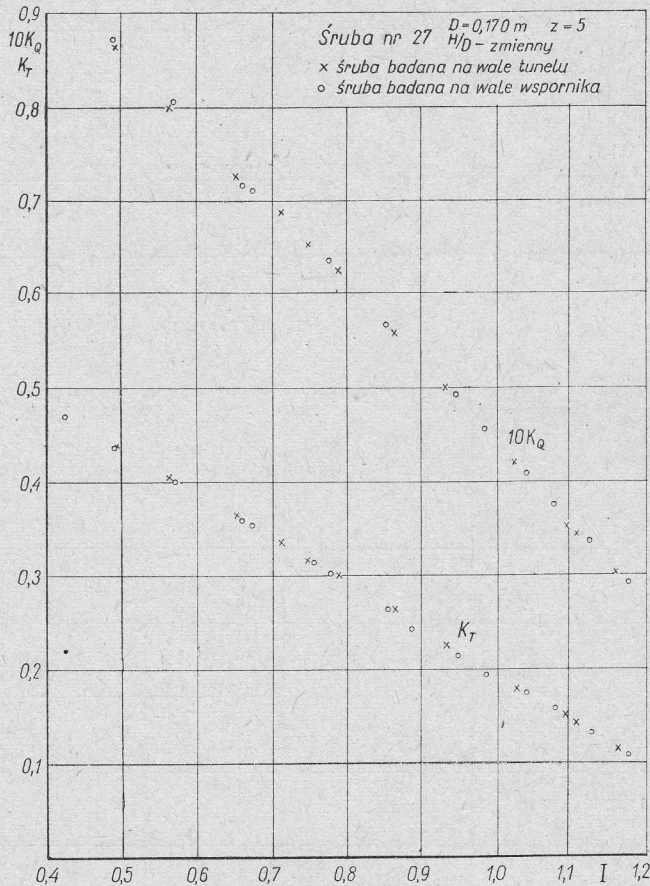
Ciśnienie p_4 można przyjąć równe p_2 przy tym samym obciążeniu śruby przedniej w układach d i b , jako że wpływ śruby tylnej na ciśnienie p_4 jest pomijalny.

Stąd

$$R_{4m} = R_2 + \Delta R + p_2 \Delta A, \quad (4.16)$$

$$R_{4m} = R_{2m} + \Delta R. \quad (4.17)$$

Wielkość R_{2m} wyznacza się z badań śruby przedniej w układzie b poprzez bezpośredni pomiar siły na wsporniku stoiska.



Rys. 14. Charakterystyki hydrodynamiczne śruby nr 27

Sposób wyznaczania poprawki ΔR jest bardziej kłopotliwy. Można oczywiście jako pewne przybliżenie przyjąć

$$\Delta R \approx 0.$$

Poprawka ΔR określa wzrost oporu wspornika spowodowany w układzie d obecnością

śruby tylnej. Wzrost ten można w drugim przybliżeniu wyznaczyć poprzez pomiar prędkości v_1 strumienia w określonym, dość dowolnie obranym miejscu, przy wsporniku w układzie b i układzie d . Należy przy tym dodatkowo określić opór wspornika (rys. 11)

$$R = R(v) \quad (4.18)$$

pracującego w obecności wału tunelowego bez śrub. Z tej krzywej odczytuje się następnie

$$R_b = R(v_{1b}) \quad (4.19)$$

oraz

$$R_d = R(v_{1d}). \quad (4.20)$$

Wartości te wyznaczają poprawkę

$$\Delta R = R_d - R_b. \quad (4.21)$$

Pozostaje jeszcze wybór układu współrzędnych, w których prezentować będziemy wyniki cechowania polegającego, jak wyżej wyjaśniono, na pomiarze wielkości

$$R_{2m} \quad \text{oraz} \quad R = R(v_1) \quad \text{i} \quad \Delta R.$$

Przyjmujemy, że wielkość R_{2m} jest funkcją następujących parametrów

$$R_{2m} = f(v_0, D_p, \rho, Q_p), \quad (4.22)$$

gdzie ρ – gęstość ośrodka, v_0 – prędkość strumienia przed układem śrub, D_p – średnica śruby przedniej, Q_p – moment sił działających na śrubę przednią obliczony względem osi śruby.

Zależność (4.22) można przekształcić w postać bezwymiarową przy wyborze parametrów (ρ, v_0, D_p) jako zespołu parametrów wymiarowo niezależnych. Otrzymujemy

$$\frac{R_{2m}}{\rho v_0^2 D_p^2} = f\left(\frac{Q_p}{\rho v_0^2 D_p^3}\right) \quad (4.23)$$

lub

$$\frac{R_{2m}}{\rho n_p^2 D_p^4} \frac{n_p^2 D_p^4}{v_0^2 D_p^2} = f\left(\frac{Q_p}{\rho n_p^2 D_p^5} \frac{n_p^2 D_p^5}{v_0^2 D_p^3}\right). \quad (4.24)$$

Wprowadzając oznaczenia

$$K_{R2m} = \frac{R_{2m}}{\rho n_p^2 D_p^4}, \quad (4.25)$$

$$I_p = \frac{v_0}{n_p D_p}, \quad (4.26)$$

$$K_{Qp} = \frac{Q_p}{\rho n_p^2 D_p^5}, \quad (4.27)$$

mamy

$$\frac{K_{R2m}}{I_p^2} = f\left(\frac{K_{Qp}}{I_p^2}\right). \quad (4.28)$$

Można również przyjąć, że R_{2m} jest funkcją naporu T_p śruby przedniej zamiast momentu Q_p

$$R_{2m} = f(v_0, D_p, \rho, T_p). \quad (4.22a)$$

W postaci bezwymiarowej mamy wówczas

$$\frac{R_{2m}}{\rho v_0^2 D_p^2} = f\left(\frac{T_p}{\rho v_0^2 D_p^2}\right) \quad (4.23a)$$

lub

$$\frac{K_{R2m}}{I_p^2} = f\left(\frac{K_{Tp}}{I_p^2}\right) \quad (4.28a)$$

po wprowadzeniu oznaczeń według (4.25), (4.26) i (4.27).

Cały cykl cechowania stoiska, który należy przeprowadzać po każdorazowej zmianie śruby przedniej układu, przedstawia się następująco:

1. Cechowanie oporu wspornika R w zależności od prędkości v strumienia w przestrzeni pomiarowej w obecności wału tunelowego, bez śruby przedniej i bez śruby tylnej. W wyniku uzyskujemy (rys. 11)

$$R = R(v_1). \quad (4.29)$$

2. Cechowanie oporu R_{2m} wspornika pozbawionego śruby, w obecności śruby przedniej na wale tunelowym przy jednoczesnym pomiarze prędkości v_{1b} strumienia w pobliżu wspornika (rys. 10). W wyniku uzyskujemy

$$\frac{K_{R2m}}{I_p^2} = f\left(\frac{K_{Qp}}{I_p^2}\right) \quad (4.30)$$

lub

$$\frac{K_{R2m}}{I_p^2} = f\left(\frac{K_{Tp}}{I_p^2}\right), \quad (4.30a)$$

oraz

$$\frac{v_{1b}}{v_0} = f\left(\frac{K_{Qp}}{I_p^2}\right) \quad (4.31)$$

lub

$$\frac{v_{1b}}{v_0} = f\left(\frac{K_{Tp}}{I_p^2}\right). \quad (4.31a)$$

Dane cechowania wykorzystuje się w następujący sposób, przy wywartościowaniu wyników badań śrub przeciwbieżnych.

1. Napór śruby tylnej oblicza się według wzoru (4.13)

$$T_{tm} + R_{4m}.$$

2. Wielkość R_{4m} określa wzór (4.17)

$$R_{4m} = R_{2m} + \Delta R.$$

3. Wielkość R_{2m} otrzymujemy z krzywych cechowania (4.30), lub (4.30a), dla parametru K_{Qp}/I_p^2 względnie K_{Tp}/I_p^2 charakteryzującego śrubę przednią.

4. Poprawkę ΔR odczytujemy z krzywej cechowania (4.29) jako różnicę dwóch odczytów, $\Delta R = R_a - R_b$. Wartość R_a odczytujemy z krzywej (4.29) dla mierzonej bezpośrednio przy badaniu układu śrub przeciwbieżnych prędkości v_{1b} . Wartość R_b odczytujemy z tej samej krzywej (4.29) dla prędkości v_{1b} uprzednio uzyskanej z krzywej cechowania (4.31) lub (4.31a) dla parametru K_{Qp}/I_p^2 względnie K_{Tp}/I_p^2 charakteryzującego śrubę przednią.

Praca wpłynęła do Redakcji w maju 1972 r.

Стенд для исследования систем соосных гребных винтов с противоположным направлением вращения

Резюме

Авторами в работе представляется новый стенд для исследования систем соосных гребных винтов с противоположным направлением вращения, который может одновременно служить исследованиям систем соосных гребных винтов с одинаковым направлением вращения.

Стенд является приставкой к кавитационной трубе Института проточных машин ПАН и тем самым причиняется к расширению функций трубы.

Характерной чертой стенда является возможность замеров основных параметров (напора, момента вращения и числа оборотов) на наружных элементах, находящихся вне измерительного пространства.

Такая идея следует из объективных условий. Связанные с ней затруднения, касающиеся обеспечения несущему элементу винта достаточной для замера напора свободы движения и одновременно обеспечения плотности измерительного пространства в обсуждаемой установке, удалось благополучно решить. Решена сложная проблема юстировки стенда. Результаты проверочных исследований, представленные в работе, подтверждают полную пригодность установки.

Arrangement for Testing Tandem Counterrotating Propellers

Summary

A new arrangement for testing tandem counterrotating propeller systems is presented by the authors. This arrangement may also be used for testing the co-rotating propellers. It has been constructed as an attachment to the cavitation tunnel in the Institute of Fluid-Flow Machines, thus contributing to widening the range of applications of that tunnel.

Characteristic feature of this arrangement is that basic parameters (thrust, torque and speed) can be measured on external elements located outside the test chamber.

This sort of design has been imposed by the existing conditions. Some entailed difficulties connected with ensuring sufficient ease of movement to the propeller carrying element and, at the same time with ensuring the tightness of the test chamber have successfully been solved. A rather difficult problem of calibrating the arrangement has also been solved. The results of primary tests quoted in this paper prove full serviceability of this new arrangement.