

JERZY GRYCHOWSKI
Katedra Pomp i Silników Wodnych

ZASTOSOWANIE METOD NOMOGRAFICZNYCH PRZY USTALANIU
PODSTAWOWYCH WYMIARÓW WIRNIKÓW POMP WIROWYCH

Streszczenie. Dla wyznaczenia wielkości występujących w bardziej zawikłych równaniach, można w pewnych przypadkach stosować metody graficzne. W artykule podano nomogramy umożliwiające wyznaczenie wielkości występujących w wzorze określającym wartość, dynamicznego wyróżnika, szybkobieżności, składowych promieniowych prędkości bezwzględnej na wlocie i wlocie z łopatki wirnika oraz przedstawiono graficznie podstawowe równanie pomp wirowych.

Na podstawie teorii odtwarzającej analitycznie z pewnym przybliżeniem przepływ przez wirnik, można ustalić podstawowe wymiary wirnika pompy odśrodkowej. Miara przybliżenia w analitycznym ujęciu każdego zjawiska jest liczba wprowadzonych założeń upraszczających. Przybliżony charakter niektórych z wprowadzonych wzorów powoduje, że obliczenia konstrukcyjne nie mogą, przy założonych warunkach początkowych, określić wirnika o optymalnej sprawności. Występuje więc potrzeba stosowania metody kolejnych przybliżeń. Dużą pomocą w takich przypadkach są dla konstruktorów graficzne metody otrzymywania rozwiązań bardziej zawikłych równań. Pozwalają one na lepszą orientację o wpływie zmiany różnych wielkości występujących w rozpatrywanych wzorach we wzajemnym ich powiązaniu a także zapewniają dużą oszczędność czasu.

Wzory umożliwiające ustalenie na drodze analitycznej głównych wymiarów wirnika, można z pewnymi wyjątkami sprowadzić do drugiej formy kanonicznej przez zastosowanie logarytmowania. Druga forma kanoniczna [1] ma następującą postać:

$$f_3(z) = f_1(x) + f_2(y) \quad (1)$$

Związek tego rodzaju umożliwia wykreślenie nomogramu rodzaju zerowego, złożonego z trzech skal prostoliniowych. W większości omawianych wzorów występują zwykle cztery zmienne. Wprowadzając piątą zmienną (oś niewyskalowana rys. 1) można posłużyć się metodami budowy nomogramów dla trzech zmiennych.

Liczbę charakteryzującą typ wirnika określa dynamiczny wyróżnik szybkobieżności:

$$n_s = \left(\frac{\gamma}{75} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot n \cdot \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (2)$$

gdzie: $\frac{1}{2}$

$n_s \frac{\text{KG}}{\text{s}^{\frac{3}{2}} \text{m}^{\frac{3}{4}}}$ - dynamiczny wyróżnik szybkobieżności,

$Q \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ - wydajność,

$H \text{ m}$ - wysokość podnoszenia,

$n \text{ min}^{-1}$ - prędkość obrotowa,

$\gamma \frac{\text{KG}}{\text{m}^3}$ - ciężar właściwy pompowanej cieczy.

Dla wody o ciężarze właściwym $\gamma = 1000 \text{ KG/m}^3$ otrzymujemy następujący wzór liczbowy:

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (2a)$$

Nomogram tego związku przedstawiony na rysunku 1, posiada układ pięciu skal równoległych, których moduły dobrano w ten sposób aby długości skal były jednakowe.

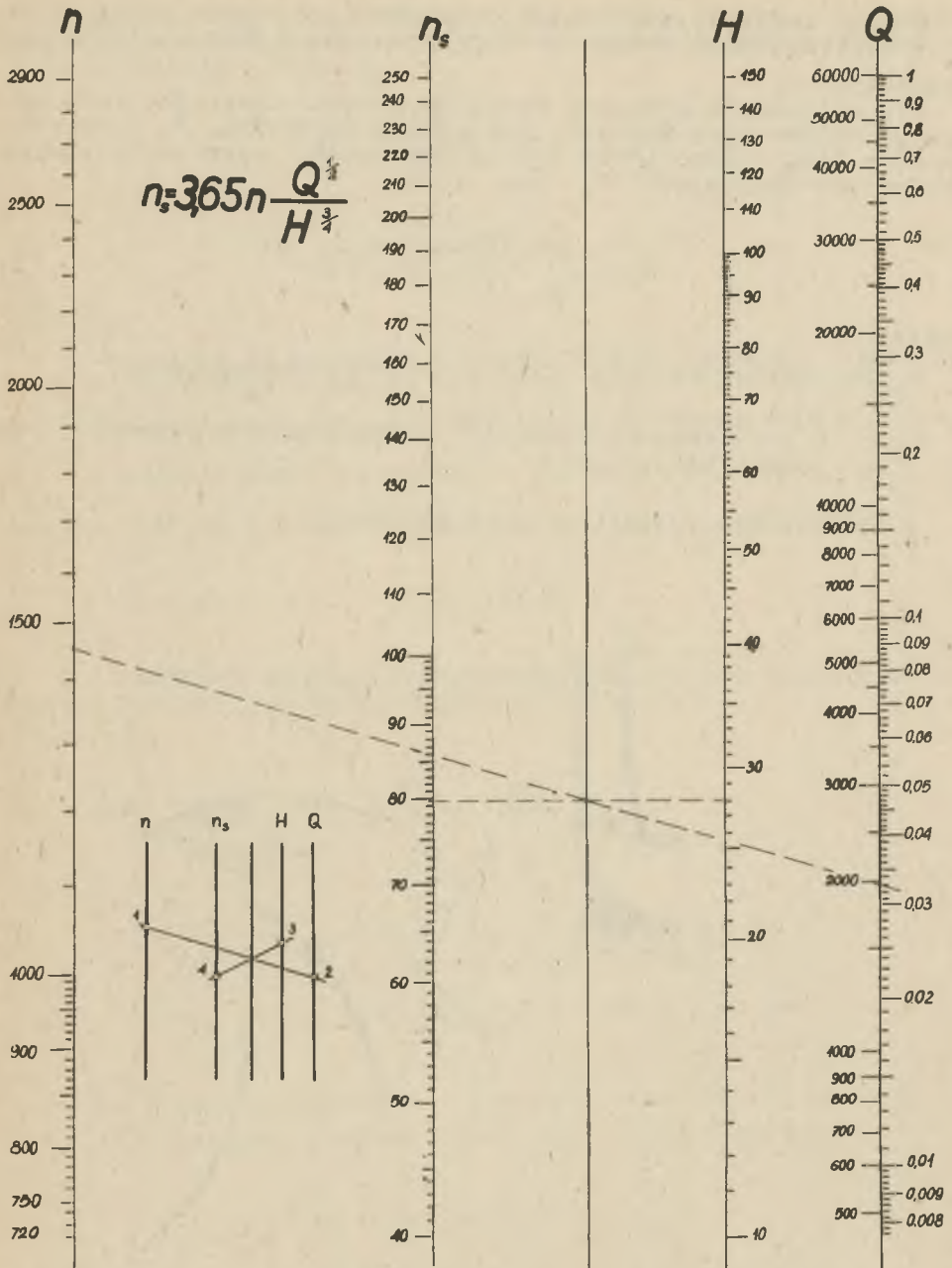
Sposób dokonywania odczytów pokazany jest na załączonym schemacie. Przykład:

$$n = 1460 \text{ min}^{-1},$$

$$Q = 0,033 \frac{\text{m}^3}{\text{s}},$$

$$H = 28 \text{ m},$$

$$n_s = 79,6 \frac{\text{KG}^{\frac{1}{2}}}{\text{s}^{\frac{3}{2}} \text{m}^{\frac{3}{4}}}.$$



Rys. 1. Metoda graficzna rozwiązywania równania (2a)

W celu zmniejszenia błędów w odczycie, ustalono moduł skali \bar{n}_s w wartości umożliwiającej objęcie zakresu pomp wirowych odśrodkowych.

Dla obliczenia głównych wymiarów wirnika niezbędna jest znajomość optymalnych wartości niektórych prędkości. Na podstawie analizy pomp wykazujących wysoką sprawność, opracowany został wykres współczynników K_{O_r} [2], wzoru:

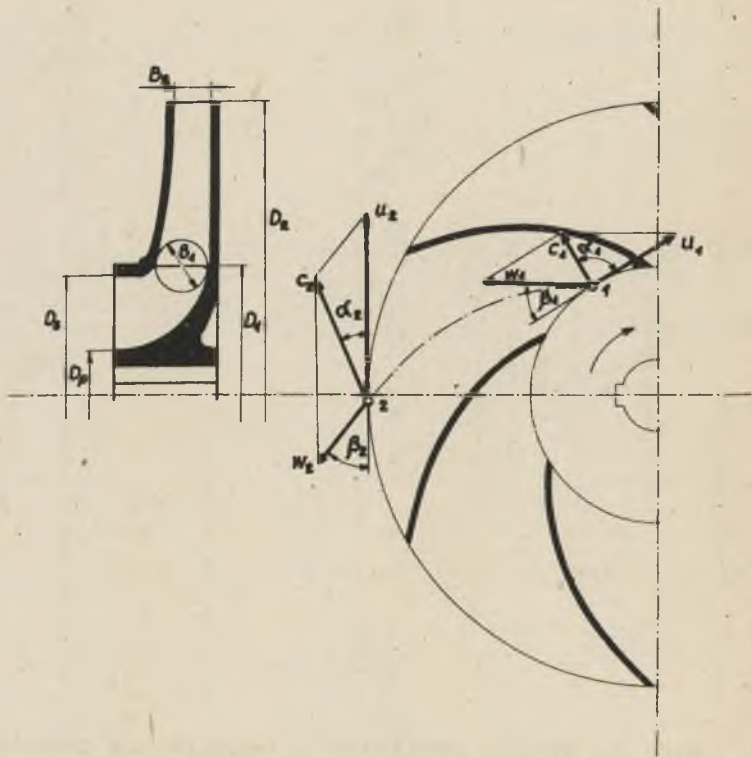
$$c_r = K_{O_r} \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (3)$$

gdzie:

$c_r \frac{m}{s}$ - składowa promieniowa prędkości bezwzględnej,

K_{O_r} - współczynnik składowej promieniowej prędkości bezwzględnej,

$g \frac{m}{s^2}$ - przyspieszenie siły ciężkości.



Rys. 2. Trójkąty prędkości na wlocie i wylocie łopatkki wirnika pompy wirnikowej

Wzór (3) daje pewne wytyczne ułatwiające wybór prędkości promieniowych. Wartości otrzymane z wykresu z dużą dokładnością spełniają równania:

$$K_{c_{r1}} = 0,00076 n_s + 0,079 \quad (3a)$$

$$K_{c_{r2}} = 0,000605 n_s + 0,054 \quad (3b)$$

indeksy:

1 - miejsce na krawędzi wlotowej łopatki wirnika (rys. 2)

2 - miejsce na krawędzi wylotowej łopatki wirnika (rys. 2)

Odpowiedni nomogram, uwzględniający współczynniki $K_{c_{r1}}$ oraz $K_{c_{r2}}$ i umożliwiający wyznaczenie prędkości c_{r1} oraz c_{r2} , pokazany jest na rysunku 3. Wartość c_r równa jest sumie:

$$c_r = c'_r + c''_r \quad (4)$$

W zależności od strony dokonanego na skalach odczytu otrzymujemy wartość prędkości w punkcie 1 lub 2.
Przykład:

$$n_s = 73,6,$$

$$H = 28 \text{ m},$$

$$c_{r1} = c'_{r1} + c''_{r1} = 1,4 + 1,85 = 3,25 \frac{\text{m}}{\text{s}},$$

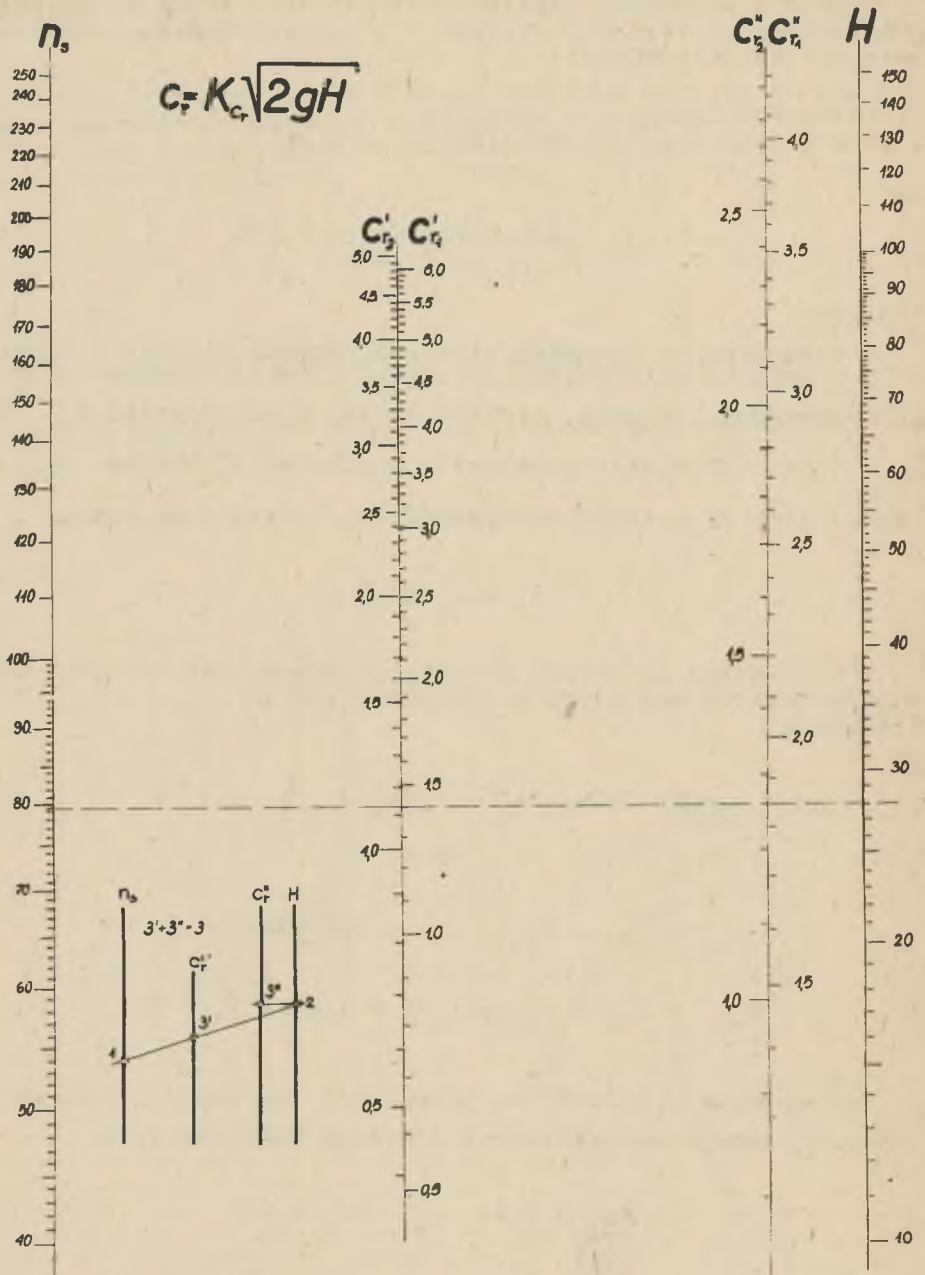
$$c_{r2} = c'_{r2} + c''_{r2} = 1,12 + 1,28 = 2,40 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Wyznaczając prędkość u_2 (prędkość obwodowa w punkcie 2, rys. 2), stosujemy podstawowe równanie pomp wirowych:

$$H_{\tau_{\infty}} = \frac{1}{g} (u_2 c_{u2} - u_1 c_{u0}) \quad (5)$$

gdzie:

$u \frac{\text{m}}{\text{s}}$ - prędkość obwodowa,



Rys. 3. Metoda graficzna rozwiązywania równania (3)

$c_u \frac{m}{s}$ - składowa obwodowa prędkość bezwzględnej,

$H_{T\infty}$ m - łopatkowa wysokość podnoszenia (dla wirnika posiadającego nieskończenie dużą liczbę łopatek).

Przekształcając równanie (5) i zakładając na wlocie $\alpha_0 = 90^\circ$ otrzymujemy następującą jego postać:

$$u_2 = \frac{c_r}{2 \operatorname{tg} \beta_2} + \sqrt{\left(\frac{c_{r2}}{2 \operatorname{tg} \beta_2}\right)^2 + g \cdot H_{r\infty}} \quad (5a)$$

gdzie:

$c_{r2} \frac{m}{s}$ - składowa promienicowa prędkości bezwzględnej w punkcie 2,

β_2 - kąt nachylenia łopatki na wylocie.

Nomogram przedstawiony na rysunku 4 umożliwia wyznaczenie prędkości u_2 z zależności określonej wzorem (5a).

Przykład:

$$c_{r2} = 2,46 \frac{m}{s},$$

$$\beta_2 = 28^\circ$$

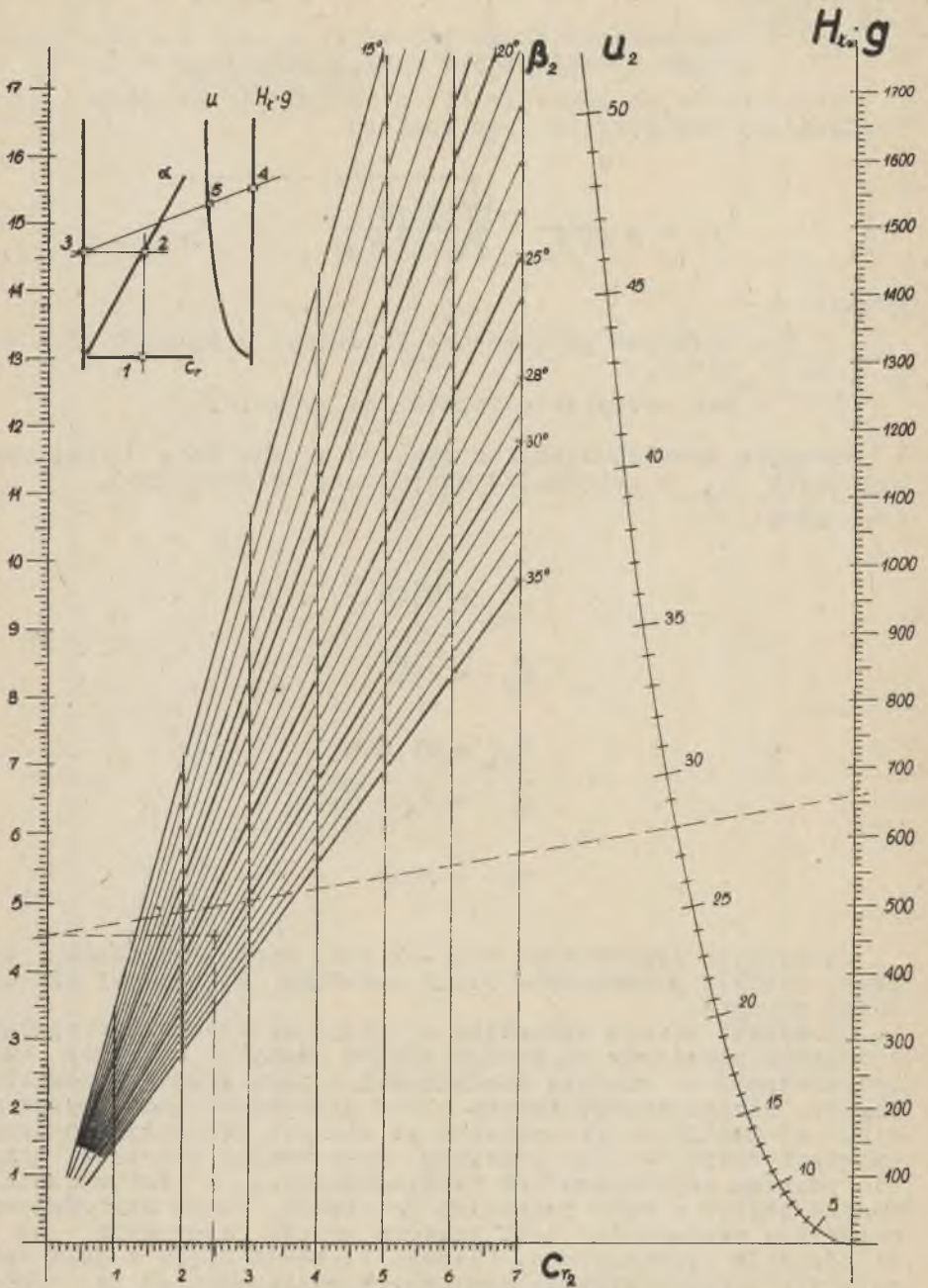
$$H_{T\infty} = 67,2 \text{ m},$$

$$g = 9,81 \frac{m}{s^2},$$

$$u_2 = 28 \frac{m}{s}$$

Utrzymanie jednakowych modułów skal ograniczających nomogram, ułatwia prowadzenie linii poziomej niezbędnej dla dokonania odczytu.

Otrzymane metodą wykreślną wartości wielkości występujących w wzorach obciążone są pewnym błędem odczytu, a także błędem uzależnionym od stopnia dokładności, z jaką wykonany został nomogram. Bardzo skomplikowany obraz przepływu cieczy przez wirnik, uniemożliwia wprowadzenie we wzorach wszystkich zmiennych mających wpływ na jego przebieg. Stąd wynika potrzeba ustalenia szeregu współczynników doświadczalnych o wartościach podanych często w dość szerokich granicach. Dobór wartości współczynników uzależniony jest jeszcze przede wszystkim od doświadczenia konstruktora. Dlatego wielkość błędu z jaką dokonuje się odczytu wartości zmiennych występujących w nomogramach, nie ma większego wpływu na tok przeprowadzonych obliczeń



Rys. 4. Metoda graficzna rozwiązywania równania (5a)

W przedstawionych nomogramach posłużono się skalami logarytmicznymi, które pozwalają utrzymać błąd względny odczytu (w całym zakresie skali) na stałym poziomie.

LITERATURA

- [1] Szlęk B., Wakulicz A.: Wstęp do nomografii. Gliwice 1962 r.
- [2] Stepanoff A.I.: Radial- und Axialpumpen. Springer - Verlag 1959 r.

Praca wpłynęła do Redakcji w dniu 8 lutego 1966 r.

ПРИМЕНЕНИЕ НОМОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Р е з ю м е

В некоторых случаях для определения величин выступающих в сложных уравнениях можно применять графические методы. В статье помещено номограммы для определения некоторых основных величин при расчёте рабочего колеса центробежного насоса, как на пример: динамического коэффициента быстротходности, меридиональной составляющей абсолютной скорости на входной и выходной кромке лопатки. Представлено графически основное уравнение ротодинамических насосов.

APPLICATION OF NOMOGRAPHIC METHODS FOR THE DETERMINATION
OF THE FUNDAMENTAL DIMENSIONS OF THE PUMP ROTORS

С у м м а р у

For determination some values appearing in the intricate equations, it is possible in some cases, to apply the graphic methods. In the present paper, the proper nomographs are given to determine the values of the dynamic specific speed, and of the radial component of absolute velocity at the inlet and outlet of the rotor blades. The graphical interpretation of the fundamental equation for the rotodynamic pumps has been presented.