

Teresa L. Nowak

OPORY PRZEPIŁYU WODY
W STALOWYCH RURACH PERFOROWANYCH

Oznaczenia:

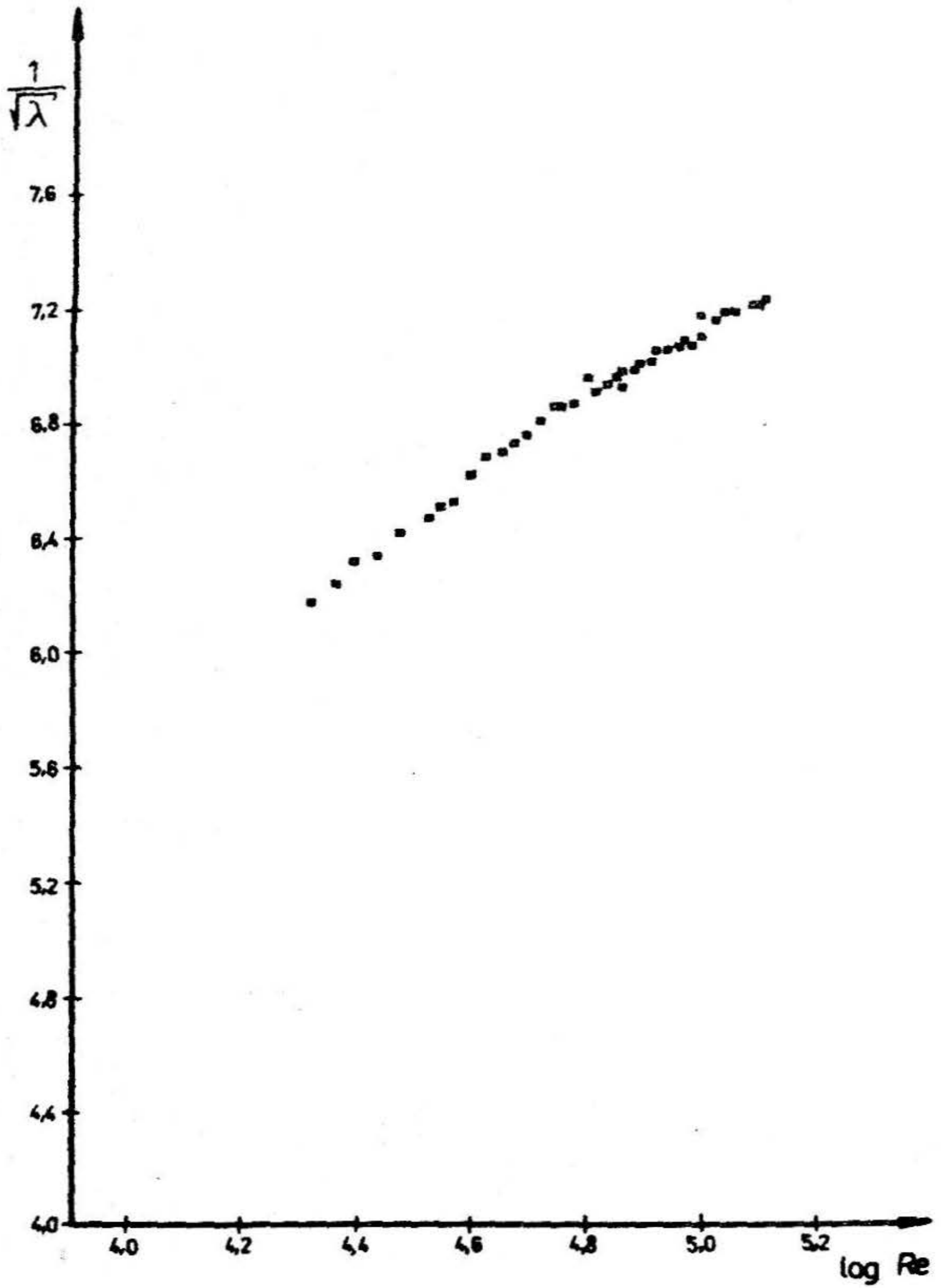
- a - szerokość szczeliny, mm
- b - długość szczeliny, mm
- D_w - średnica wewnętrzna rury, mm
- Re - liczba Reynolds'a
- k_z - zastępcza chropowatość według Nikuradse'go, mm
- λ - współczynnik oporów liniowych w rurze pełnościennej
- λ_p - współczynnik oporów liniowych w rurze perforowanej otworami okrągłymi
- λ_{ps} - współczynnik oporów liniowych w rurze perforowanej szczelinowo
- ϕ - przepuszczalność ścianek rury perforowanej (stosunek całkowitej powierzchni otworów do wewnętrznej powierzchni rury)

Rury perforowane stosuje się w wielu urządzeniach hydrotechnicznych i instalacjach przemysłowych (ujęcia wody, melioracje i inne). Rury osiągają w nich dość duże długości, dochodzące nawet do 100 metrów. Przy projektowaniu tych urządzeń i instalacji należy poznać zjawiska hydrauliczne, występujące w rurze perforowanej podczas przepływu przez nią wody, zwłaszcza wielkość oporów tarcia. Te zaś charakteryzuje współczynnik oporów liniowych λ .

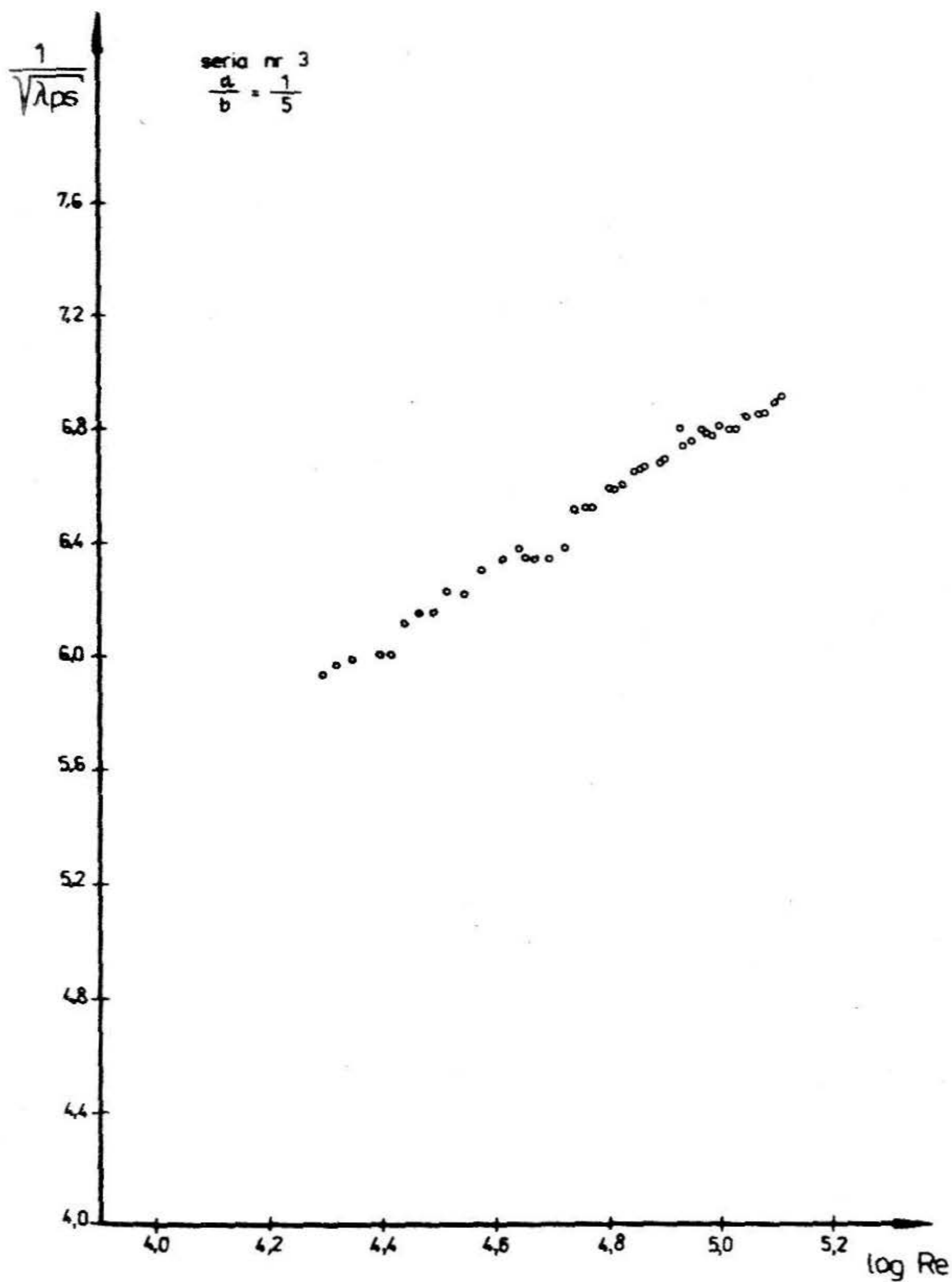
Do tej pory opracowano wzory i formuły opisujące współczynnik oporów λ_p dla perforacji okrągłej i różnych wariantów rozmieszczenia otworów [3], natomiast w literaturze nie ma prac opisujących wyznaczenie wartości współczynnika oporów przy przepływie wody pod ciśnieniem przez prostoosiowe, stalowe rury o perforacji szczelinowej pełnym przekrojem. A perforacja szczelinowa umożliwia uzyskiwanie dużego stopnia przepuszczalności ścianek i jest obecnie bardzo szeroko stosowana.

W celu zbadania oporów występujących przy przepływie wody przez rury perforowane szczelinowo, wykonano stanowisko doświadczalne, złożone z wymiennego odcinka pomiarowego, zbiornika dolnego, górnego, mierniczego, pomp obiegowych i koniecznego osprzętu [4]. Badane były rury stalowe o średnicy wewnętrznej 60, 32 mm i grubości 2,1 mm, o otworach nacinanych równoległe do osi rury.

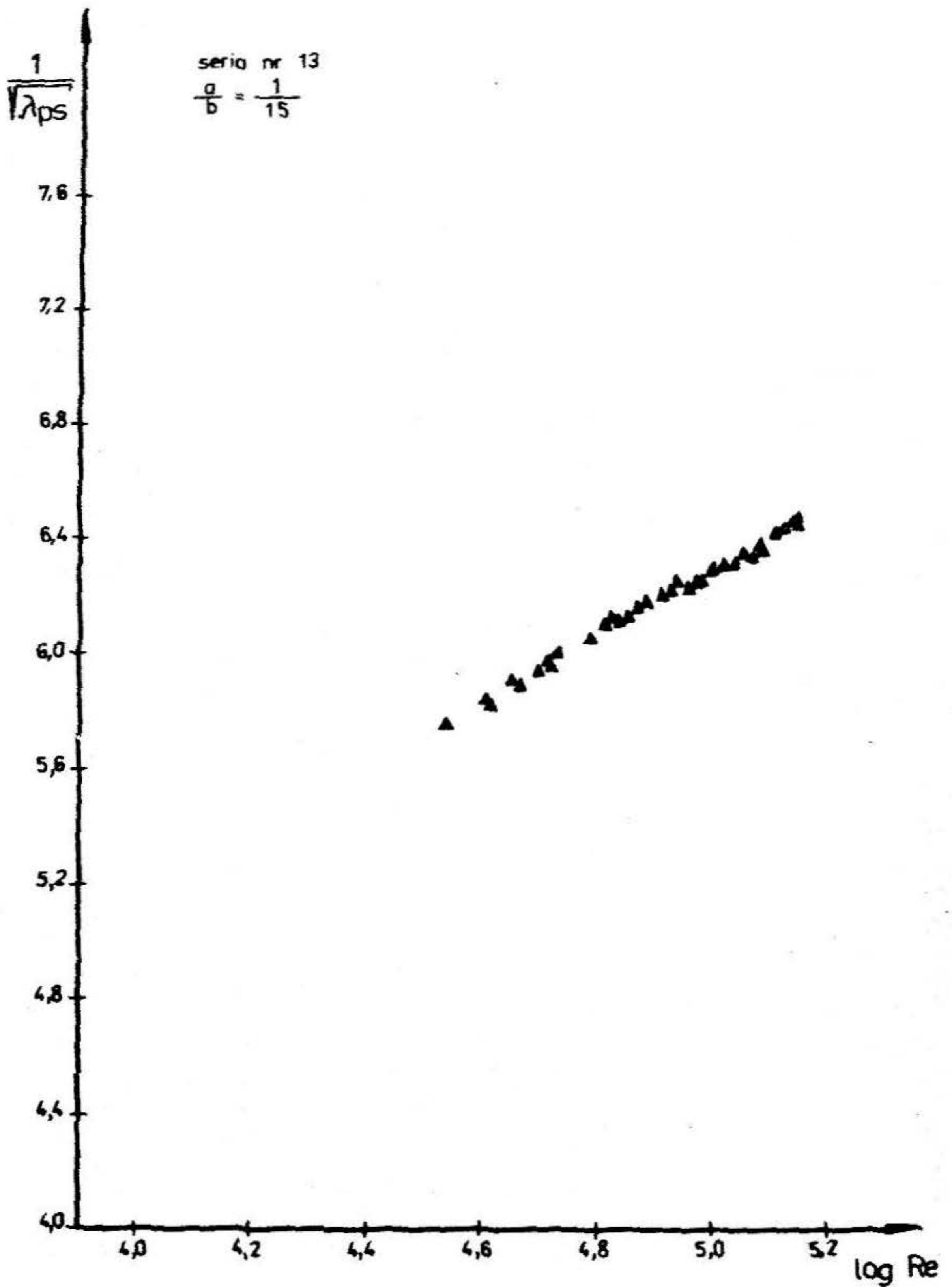
Szczegółowe badania przepływu wody przez zamknięte rury pełnościenne, przeprowadzone przez O. Reynolds'a i J. Nikuradse'go i innych [1,2] wykazały, że na wartość współczynnika oporów liniowych λ wpływa szereg czynników w zależności od rodzaju



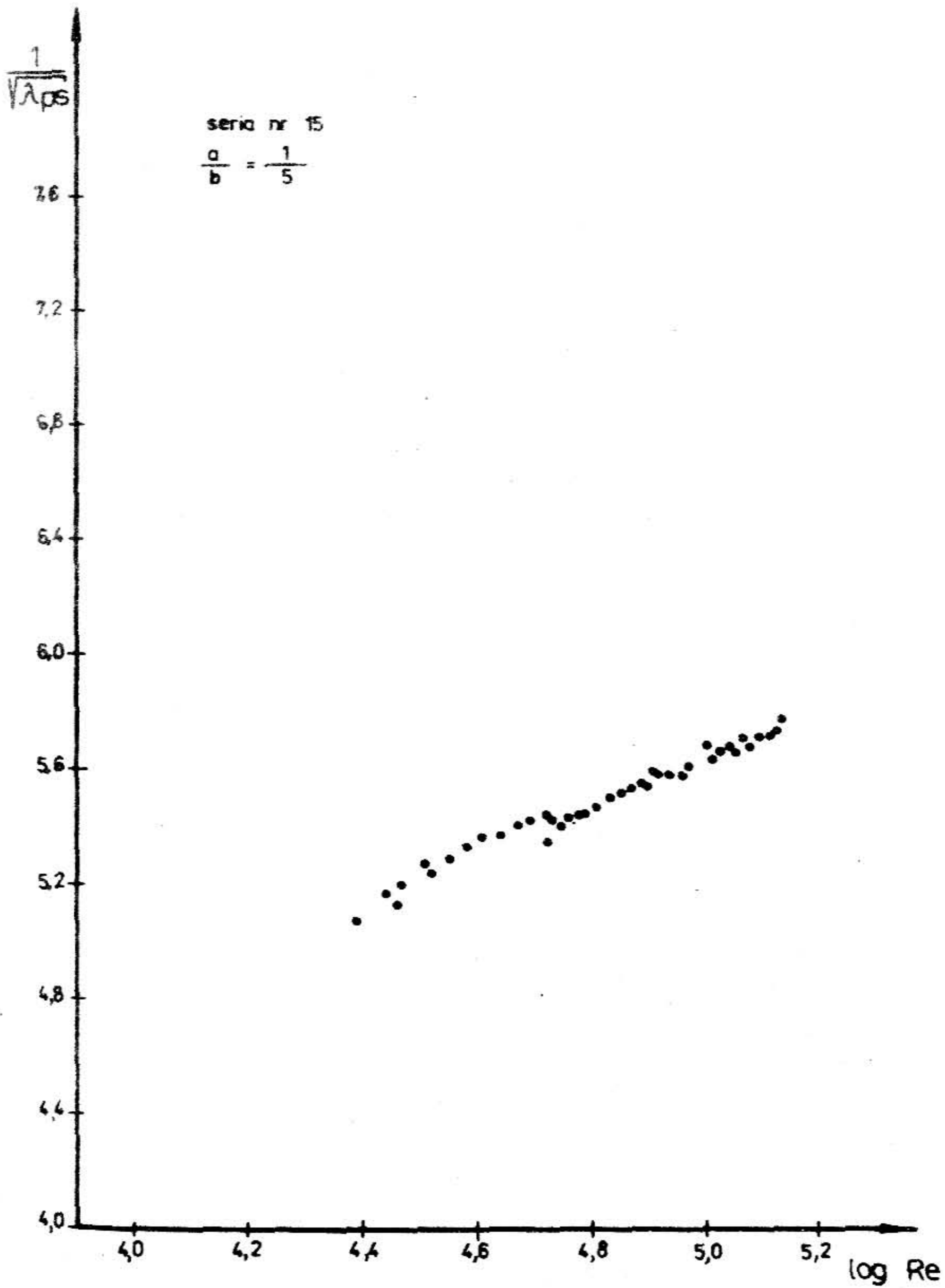
Rys. 1. Zależność $\lambda = f(Re)$ dla badanej rury pełnościennej



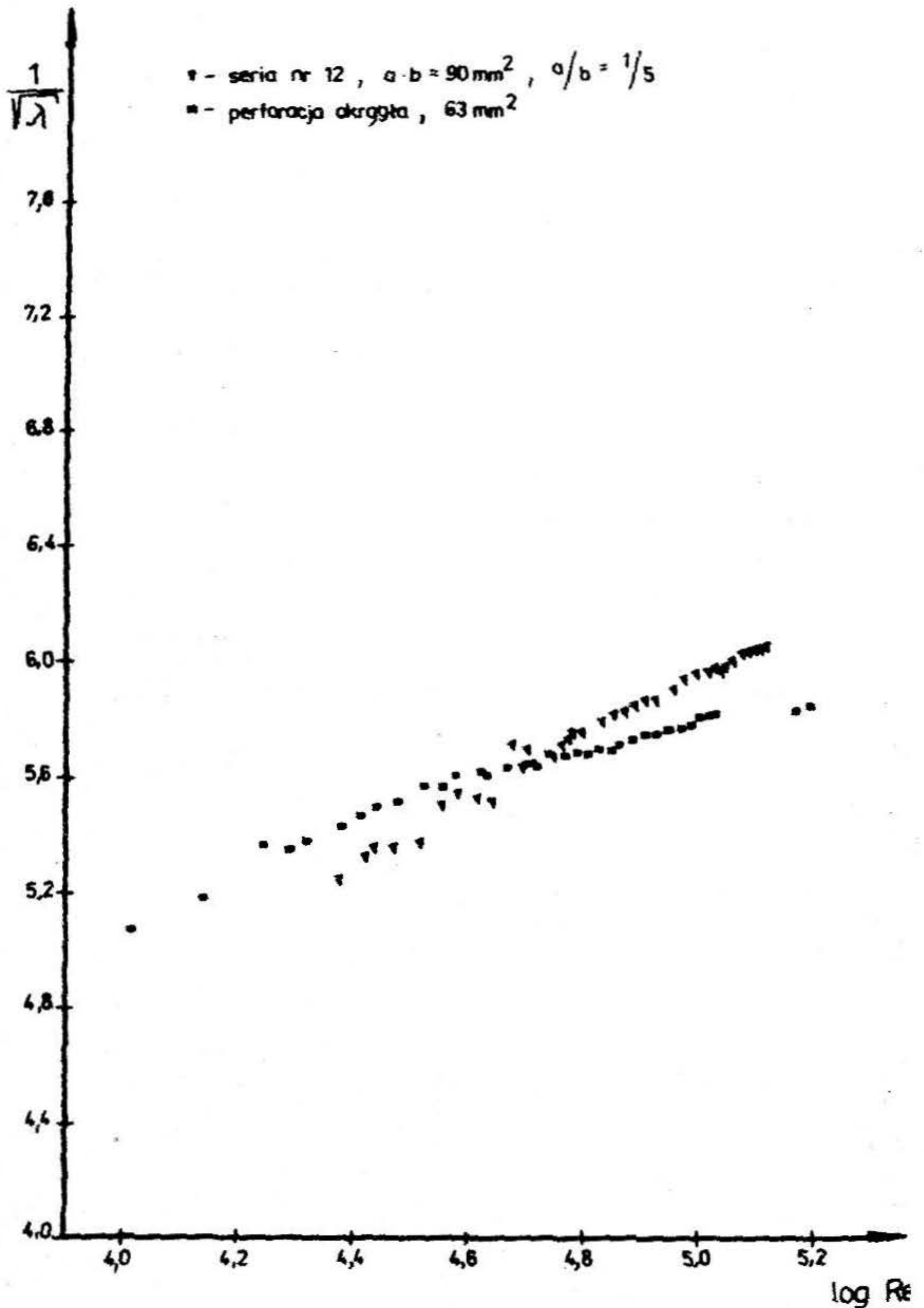
Rys. 2. Zależność $\lambda = f(\text{Re})$ dla badanej rury o przepuszczalności ścianki $\phi 3\%$



Rys. 3. Zależność $\lambda_{ps} = f(Re)$ dla badanych rur o przepuszczalności ścian 19%



Rys. 4. Zależność $\lambda_{ps} = f(Re)$ dla badanej rury o przepuszczalności ścianki 19%



Rys. 5. Zależność $\lambda_{ps} = f(Re)$ dla badanej rury o przepuszczalności ścianki 12% i otworach o proporcji boków 1/5 oraz zależność $\lambda_p = f(Re)$, $\phi = 12\%$ i średnicy otworów perforacji 9,0 mm

ruchu cieczy. W warunkach ruchu turbulentnego przy zmiennej chropowatości hydraulicznej rur, współczynnik λ jest funkcją liczby Reynolds'a i chropowatości względnej rury. Istnieje jednak wiele formuł na obliczanie współczynnika oporów liniowych. Różne wyniki badań, uzyskane przez wielu badaczy, świadczą o tym, że w strefie zmiennej chropowatości hydraulicznej nie ma formuły jednoznacznie opisującej zależność

$\lambda = \lambda \left[Re, \frac{k_z}{D_w} \right]$. Wynika to prawdopodobnie z pominięcia w nich wpływu nierówności i ich wzajemnego rozmieszczenia na wartość współczynnika λ .

Aby uniknąć błędów i poprawnie określić wpływ perforacji szczelinowej na współczynnik oporów liniowych λ_{ps} badanych rur o perforacji szczelinowej, rozpoczęto pomiary od wyznaczenia współczynnika λ dla rur pełnościennych przed wykonaniem ich perforacji. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 1.

Następnie zbadano oporność rur perforowanych. Przygotowano 15 kombinacji perforacji szczelin przy zachowaniu przepuszczalności ścianek 3%, 12%, 19% [2].

Szczeliny rozmieszczono na powierzchni rury w postaci pasów podłużnych o zwiększającej się ich liczbie w zależności od wymaganego stopnia przepuszczalności ścianek ϕ , przy zachowaniu stałych odległości między osiami szczelin. Dla każdej przepuszczalności ścianek, przy zachowaniu powierzchni pojedynczej szczeliny, zmieniał się stosunek boków $\frac{a}{b}$ w zakresie $\frac{1}{15}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$. Dla przepuszczalności ścianek 3% i 12% zmieniała się również powierzchnia pojedynczej szczeliny (90 mm² i 120 mm²). Miało to na celu zbadanie wpływu powierzchni otworu przy ustalonym stosunku boków $\frac{a}{b}$ i wpływu stosunku boków dla danej powierzchni otworu na wartość współczynnika oporów liniowych λ_{ps} .

Badane rury perforowane owinięte były na zewnątrz folią polietylenową. Uniemożliwiło to wypływ wody na zewnątrz lub dopływ od zewnątrz do wnętrza badanej rury przez szczeliny, tym samym strumień wody miał stałe natężenie i nie zmieniał swojej masy.

W trakcie pomiarów liczba Reynolds'a wahała się w granicach $2 \times 10^4 - 1.3 \times 10^5$. Przepływ wody odpowiadał warunkom ruchu burzliwego w strefie przejściowej. Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 2, 3, 4, 5.

Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że perforacja rur w formie szczelin powoduje wzrost hydraulicznej chropowatości ścianek rury, gdyż wartości współczynnika λ_{ps} rur stalowych perforowanych szczelinowo, są większe od wartości współczynnika λ takich samych rur pełnościennych. Różnice między wartościami λ_{ps} a λ zwiększają się wraz ze wzrostem przepuszczalności ϕ ścianek (rysunki 1, 2, 3, 4).

Wartość współczynnika λ_{ps} zależy od stopnia przepuszczalności ϕ ścianek oraz stosunku $\frac{a}{b}$ długości boków szczelin. Przy zachowaniu jednakowego stopnia przepuszczalności ścianek i jednakowej powierzchni poszczególnych szczelin wartość współczynnika λ_{ps} rośnie wraz ze wzrostem wartości stosunku boków szczelin $\left[\frac{1}{15}, \frac{1}{10}, \frac{1}{5} \right]$.

Przy zachowaniu jednakowej wielkości i powierzchni szczeliny, wartość współczynnika λ_{ps} rośnie wraz ze wzrostem przepuszczalności ϕ ścianek rury. Dla $\phi = 3\%$ i $\phi = 12\%$ oraz jednakowego stosunku boków, wartość λ_{ps} rośnie wraz ze wzrostem powierzchni pojedynczej szczeliny. Wartości współczynnika oporów liniowych λ_{ps}

różnią się od wartości λ_p (dla rur o perforacji okrągłej), określonych dla identycznych wartości ϕ (rysunek 5).

Z przeprowadzonych badań wynika, że do obliczeń hydraulicznych rur perforowanych szczelinowo nie można stosować formuł odnoszących się do rur perforowanych otworami okrągłymi.

Literatura

- [1] Mielcarzewicz E.W. - *Obliczanie systemów zaopatrzenia w wodę*, Arkady, 1977.
- [2] Nowak T.L. - *Badania laboratoryjne oporności hydraulicznej rur perforowanych szczelinowo*, Praca doktorska, Politechnika Wrocławska, 1986.
- [3] Nowak T.L. - *Przepływ cieczy w rurach perforowanych w świetle dotychczasowych badań*. Zeszyt Naukowy Inżynierii Środowiska, WSIInż., nr 3, 1985.
- [4] Nowak T.L. - *Stanowisko do badań oporności hydraulicznej rur szczelinowo-perforowanych*. Zeszyt Naukowy Inżynierii Środowiska. WSIInż., nr 3, 1985.
- [5] Siwoń Z. - *Badania modelowe warunków przepływu wody w perforowanych filtrach ujęć promienistych*. Praca doktorska, Politechnika Wrocławska, 1971.
- [6] Siwoń Z. - *Burzliwe przepływy cieczy w rurach perforowanych w warunkach nieciągłej zmiany masy strumienia*. Monografia nr 10, Politechnika Wrocławska, 1976.

Dr inż. Teresa L. Nowak - Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze.