

Krzysztof SZYMAŃSKI
Jan UMIŃSKI

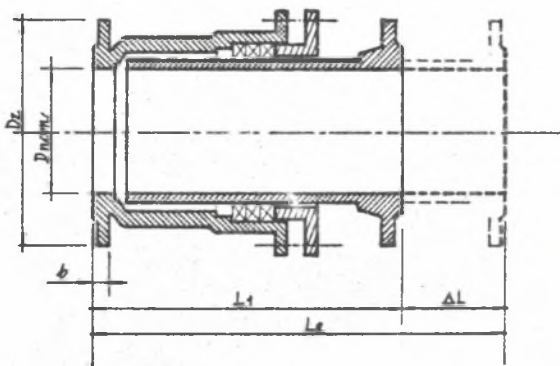
Instytut Inżynierii i Technologii Wody, Ścieków i Odpadów
Politechnika Śląska

BADANIA OPORÓW PRZEPŁYWU W WODOCIĄGOWYCH NASUWKACH
KOMPENSACYJNYCH O MAŁYCH ŚREDNICACH.

Streszczenie: W referacie przedstawiono wyniki badań oporów hydraulicznych na dwudźwicowej nasuwce kompensacyjnej, instalowanej w przewodach wodociągowych na terenach zagrożonych oddziaływaniem szkód górniczych. Określono wartości współczynnika oporów miejscowych dla różnych wielkości dylatacji w zakresie liczb Reynoldsa 49000 - 91000.

1. Wprowadzenie.

Ogólne zasady obliczania strat ciśnienia w rurociągach podaje norma PN-76/M-34034. Nie zawiera ona jednak danych odnoszących się do kompensatorów o konstrukcjach najczęściej stosowanych w sieciach wodociągowych na terenach, zagrożonych powstawaniem szkód górniczych. Z wyszczególnionej w normie armatury najbardziej zbliżony do stosowanych w wodociągach konstrukcji jest kompensator dźwawkowy /jednostronny/ o współczynniku strat miejscowych $Z_1 = 0,2$ /rys.1/. Współczynnik ten zapewnić może



Rys.1. Kompensator dźwawkowy wyszczególniony
w normie PN-76/M-34034.

wystarczającą dokładność w trakcie orientacyjnych obliczeń strat na wodociągowych wydłużkach jednodźwawkowych. Nie ma natomiast podstaw do

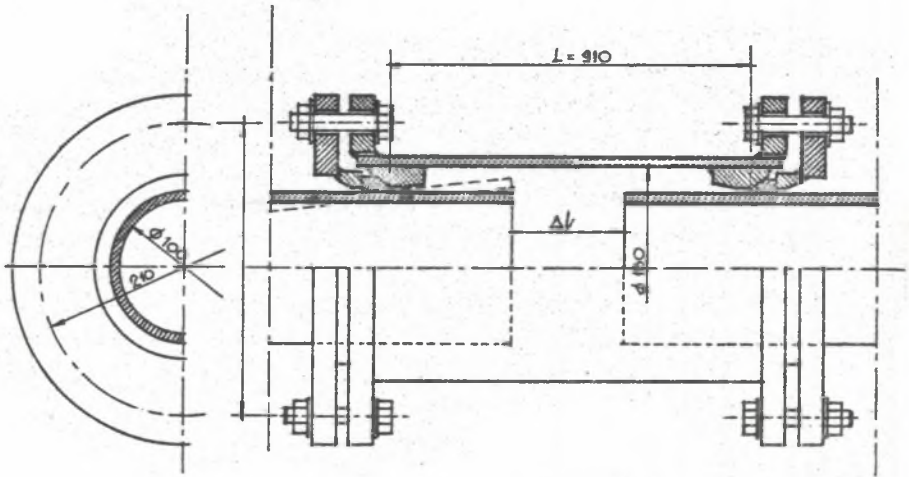
przyjmowania jego wartości w przypadkach innych, np. dla często stosowanych w wodociągach nasuwek kompensacyjnych dwudławicowych.

Z braku szerszych danych literaturowych projektanci przy obliczaniu strat traktują niekiedy dwudławicowy kompensator jako układ podwójnej zmiany średnicy /z gwałtownym poszerzeniem i zwężeniem/, co daje możliwość zastosowania wzoru Bordy-Carnota [1,6].

Ten sposób obliczania trudno uznać za poprawny nie tylko z punktu widzenia przyjętych za podstawę przesłanek teoretycznych. Budzi on wątpliwości również w świetle doświadczeń praktycznych z terenu GOP [1,2].

2. Cel i zakres badań.

Dla określenia oporności hydraulicznej najczęściej stosowanych, wodociągowych nasuwek kompensacyjnych podjęto specjalne badania na stanowisku laboratoryjnym. Przedmiotem badań była nasuwka przedstawiona na rys.2.



Rys.2. Schemat badanej nasuwki kompensacyjnej.

Ten typ kompensatora znajduje zastosowanie na terenach, ulegających deformacjom pod wpływem eksploatacji górniczej, a poddane badaniom proporcje geometryczne są charakterystyczne dla przewodów wodociągowych o niedużych średnicach [3].

Celem pomiarów było określenie współczynnika strat miejscowych w funkcji wielkości dylatacji dla eksploatacyjnego zakresu prędkości przepływu wody w przewodach.

3. Badania oporów hydraulicznych na nasuwce kompensacyjnej.3.1. Wzór strukturalny na współczynnik oporów.

Stosując metodę analizy wymiarowej [5,6] przyjęto, że strata ciśnienia na kompensatorze Δp może być funkcją średniej prędkości przepływu v , kinematycznego współczynnika lepkości ν , gęstości przepływającego medium ρ , średnicy nominalnej rurociągu d , średnicy nasuwki D , dylatacji ΔL , długości całkowitej kompensatora L i chropowatości wewnętrznej k .

Posługując się metodą Rayleigh'a wyznaczono moduły bezwymiarowe oraz ogólną postać równania kryterialnego:

$$\frac{\Delta p}{\rho \cdot v^2} = f\left(\frac{\nu}{v \cdot d}, \frac{D}{d}, \frac{L}{d}, \frac{\Delta L}{d}, k\right) \quad /1/$$

gdzie:

$$\frac{\Delta p}{\rho \cdot v^2} = E_u - \text{liczba Eulera,}$$

$$\frac{v \cdot d}{\nu} = R_e - \text{liczba Reynoldsa,}$$

$$\frac{D}{d}, \frac{L}{d}, \frac{\Delta L}{d}, \frac{k}{d} - \text{względna wielkość /odpowiednio/ średnicy i długości kompensatora, dylatacji i chropowatości.}$$

W powyższym równaniu liczba podobieństwa Eulera stanowi kryterium nieokreślające /zależne/, zaś liczba Reynoldsa - kryterium określające.

Współczynnik strat miejscowych Z definiujemy jako stosunek straty ciśnienia do wysokości prędkości:

$$Z = \frac{h_{str}}{v^2} = \frac{\Delta p}{\nu \cdot v^2} = \frac{\Delta p}{\rho \cdot v^2} = 2 E_u \quad /2/$$

gdzie: h_{str} - miejscowa strata ciśnienia,
 ν - ciężar właściwy cieczy,
 g - przyspieszenie ziemskie.

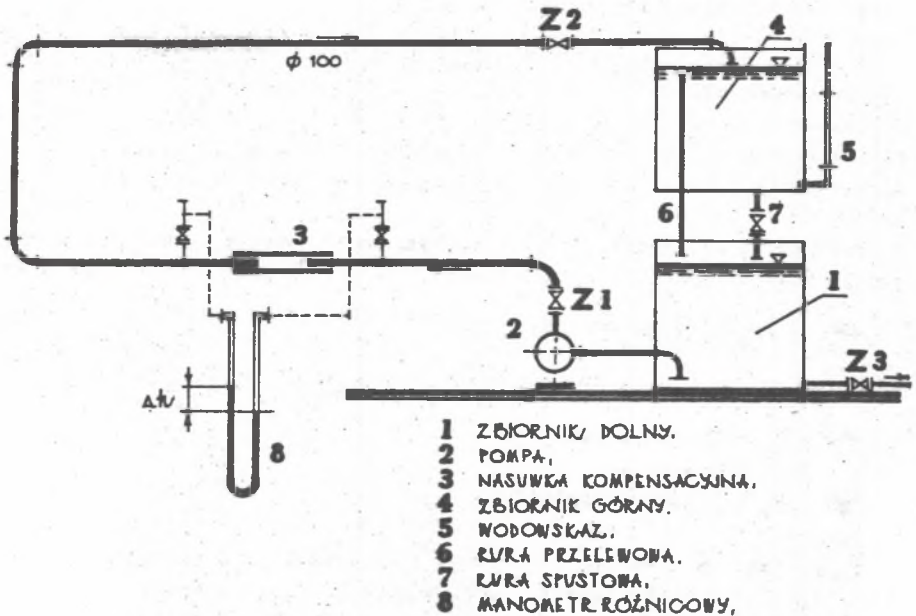
Uwzględniając powyższą zależność oraz przyjmując $\frac{D}{d} = C_1$, $\frac{L}{d} = C_2$, $\frac{k}{d} = C_3$, ogólną zależność /1/ przedstawić można następująco:

$$Z = f_1 / Re, \frac{\Delta L}{d}, C_1, C_2, C_3 / \quad /3/$$

3.2. Opis stanowiska badawczego i metodyki pomiarów.

Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys.3. Ze zbiornika dolnego 1 pompa 2 przetłaczała wodę poprzez układ przewodów do zbiornika górnego 4, zaopatrzonego w rurę przelewową 6, wodowskaz 5 i przewód spustowy 7. W układzie przewodów tłocznych o średnicy $d = 100$ mm zamontowana była badana nasuwka kompensacyjna 3 o średnicy względnej

$$\frac{D}{d} = \frac{150}{100} = 1,5 \text{ i długości } \frac{L}{d} = 9,1.$$



Rys.3. Schemat stanowiska badawczego.

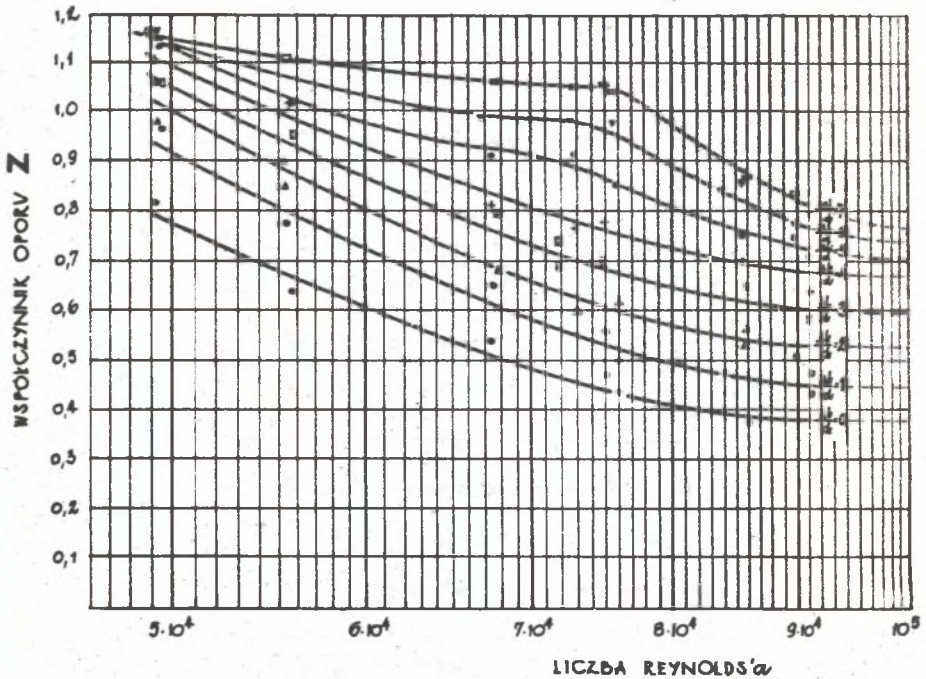
Konstrukcja całego układu umożliwiała uzyskiwanie różnych wielkości dylatacji ΔL w granicach 0 - 0,70 m / $\frac{\Delta L}{d}$ od 0 do 7/ oraz średnich prędkości przepływu (v) w przewodzie w zakresie 0,491 - 0,902 m/s /Re od 49000 do 91000/. Z ujętych w równaniu /3/ parametrów wielkości $C_1 = \frac{D}{d}$, $C_2 = \frac{L}{d}$ i $C_3 = \frac{k}{d}$ podczas wszystkich pomiarów były stałe. Badania zmierzwały zatem do określenia ewentualnego wpływu liczby Re oraz dylatacji $\frac{\Delta L}{d}$.

Stratę ciśnienia na kompensatorze mierzono ~~z pomocą~~ pomocą manometru różnicowego 8. Podczas każdego pomiaru określano natężenie przepływu wody metodą objętościową /na podstawie czasu napełnienia zbiornika górnego/, stratę ciśnienia na nasuwce, dylatację i temperaturę wody. Znany wydatek umożliwił określenie prędkości przepływu wody odniesionej do nominalnego przekroju rurociągu.

Dla oszacowania błęd pomiarów nie można było zastosować metod statystycznych odpowiednich dla opracowania wyników uzyskiwanych przy niezmiennych warunkach wyjściowych. Każdy pomiar prowadzono bowiem przy zmienionej dylatacji lub innej prędkości. Analizując każdy wynik indywidualnie określono błąd bezwzględny metodą różniczki zupełnej, a następnie błąd względny. Maksymalna wartość tego ostatniego wynosiła 4,84 %.

3.3. Wyniki badań.

Rezultaty pomiarów zestawiono na rys.4. Wykazują one, że w badanych



Rys.4. Zależność współczynnika oporu Z na badanej metodzie kompensacyjnej od liczby Reynoldsa i wielkości dylatacji.

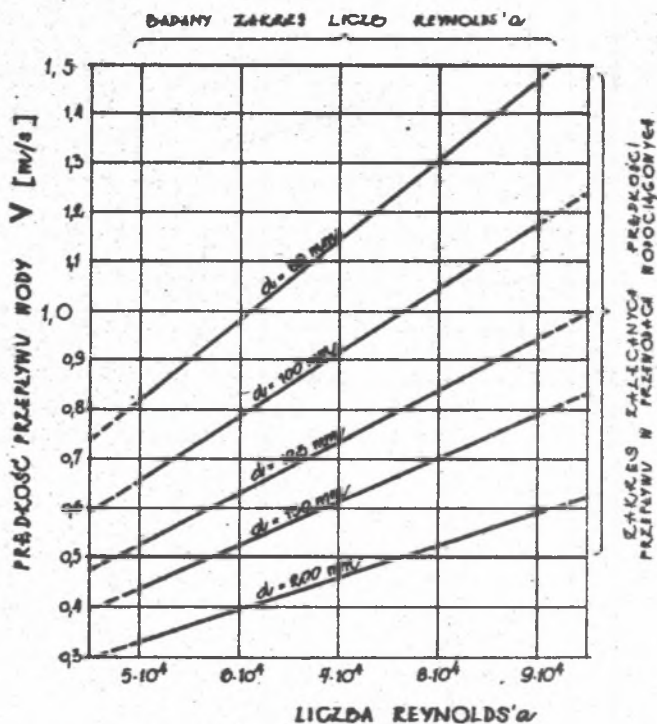
zakresie współczynnik oporu Z dla przedstawionego typu kompensatora zależy zarówno od liczby Reynoldsa, jak też od wielkości dylatacji. Ze wzrostem R_e wartości współczynnika maleją, zaś w miarę wzrostu dylatacji - zdecydowanie rosną. Najmniejsze wartości Z /od 0,4 przy $R_e = 85000$ do 0,8 przy $R_e = 49000$ / uzyskano przy dylatacji zerowej, największe zaś przy dylatacji maksymalnej $\frac{\Delta L}{d} = 7$ /od $Z = 0,83$ przy $R_e = 90000$ do $Z = 1,16$ przy $R_e = 49000$ /.

Dla dylatacji $\frac{\Delta L}{d}$ w zakresie od 0 do 4, krzywe zależności $Z = f / R_e /$ wykazują podobny przebieg. Spadek wartości Z /ze wzrostem $R_e /$ jest największy w początkowym przedziale wartości liczby Reynoldsa i następnie maleje ze wzrostem tej liczby. Przebieg krzywych w końcowym zakresie R_e wskazuje na zbliżanie się do obszaru samomodelowania. Zwraca uwagę, że przy zwiększaniu dylatacji największy przyrost wartości współczynnika oporów nastąpił w przedziale $\frac{\Delta L}{d} = 0 - 1$ przy $R_e = 49000 - 70000$.

Krzywe $Z = f / R_e /$ dla dylatacji $\frac{\Delta L}{d}$ od 5 do 7 odbiegają nieco swym kształtem od pozostałych. Spadek wartości Z ze wzrostem R_e jest nie-

regularny i stosunkowo niewielki w przedziale środkowym /szczególnie dla dylatacji $\frac{\Delta L}{L} = 6/1$ i dość duży w przedziale końcowym, przy wartościach R_e od 75000 do 91000. Ten ostatni przedział odpowiadał zakresowi prędkości $v = 0,75 - 0,90$ m/s, w którym zaczynały występować zjawiska zakłócające pomiary strat ciśnienia, a objawiające się m.in. pewną niestabilnością wskazań manometru, szczególnie dla dylatacji największych.

Przebadany zakres liczby Reynoldsa umożliwia przenoszenie wyników pomiarów na nasuwki kompensacyjne o małych średnicach /instalowane na przewodach o $d \leq 150$ mm/. Ograniczenie to wynika z konieczności brania pod uwagę eksploatacyjnego zakresu prędkości przepływu w przewodach wodociągowych. Na rys.5 przedstawiono zależność $v = f /R_e/$ dla przewodów o



Rys.5. Prędkości przepływu wody w przewodach o różnych średnicach odpowiadające poszczególnym wartościom liczby Reynoldsa dla $T = 283K$.

średnicach 80, 100, 125, 150 i 200 mm, przy założeniu przeciętnej temperatury wody 283K. Dla wymienionych średnic przebadany zakres R_e odpowiada przedziałom prędkości uwidocznionym poniżej:

d mm	80	100	125	150	200
$v_{min} - v_{max}$ m/s	0,80-1,48	0,64-1,19	0,51-0,95	0,43-0,80	0,32-0,60

Uwzględniając zakres zalecanych prędkości $v_{\min.} = 0,5 \text{ m/s}$ widzimy, że w wystarczającym stopniu otrzymane wyniki odnosić można dla średnic $d \leq 150 \text{ mm}$. Natomiast dla średnicy $d = 200 \text{ mm}$ wyniki te można jedynie stosować przy prędkościach przepływu do $0,6 \text{ m/s}$.

Badany zakres liczby Reynoldsa zdeterminowany był możliwościami stanowiska badawczego. Górnej granicy tego zakresu odpowiadała maksymalna wydajność układu pompowego, przy której uzyskiwano względnie stabilne wartości mierzonych parametrów.

4. Podsumowanie i wnioski.

Badania wykazały, że dla przedstawionego typu nasuwki kompensacyjnej /rys.2/ współczynnik oporu hydraulicznego Z wynosi od $0,40$ do $1,16$, zależnie od liczby Reynoldsa i wielkości dyatacji. Dotyczy to badanego zakresu Re od 49000 do 91000 i dyatacji $\frac{\Delta l}{d}$ od 0 do 7 przy parametrach geometrycznych nasuwki $\frac{D}{d} = 1,5$ i $\frac{L}{d} = 9,1$.

Otrzymane wartości Z są kilkakrotnie /2 - 5,8 raza/ większe od wartości podanej w normie PN-76/M 34034 dla kompensatora dławikowego, najbardziej konstrukcyjnie zbliżonego do badanej nasuwki.

Analiza wyników pomiarów prowadzi do wniosku, że dalsze badania powinny objąć zbiór wyższych wartości liczby Reynoldsa, aż do obszaru samomodelowania. Pozwoliłoby to na uogólnienie wyników badań na cały zakres stosowanych w praktyce średnic nasuwek. Niezależnie od tego istnieje potrzeba badań wpływu, jaki na współczynnik Z wywierają mogą pozostałe parametry wyszczególnione w równaniu kryterialnym /3/. Dalszym badaniom winny być także poddane opory hydrauliczne innych typów kompensatorów stosowanych w wodociągach na terenach występowania szkód górniczych.

LITERATURA

- [1] Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Katowicach: Rozprowadzenie wody ze zbiorników w Mikołowie i Czarnym Lesie. K-ce, IX.1975. Maszynopis.
- [2] Instytut Inżynierii i Technologii Wody, Ścieków i Odpadów Politechniki Śląskiej: Badania oporów przepływu i sprawności działania magisterialnych rurociągów eksploatowanych przez WPWiK w Katowicach oraz systemów drenażowych źródeł filtracyjnych. Część II. Gliwice, IX.1983. Maszynopis.
- [3] Matyjek I., Nowak A.: Praca dyplomowa magisterska wyk. pod kier. dr inż. J.Umińskiego, Polit.Śląska, Wyzd.I.S., Gliwice, 1983. Maszynopis.
- [4] PN-76/M 34034: Zasady obliczeń strat ciśnienia.
- [5] Siedow L.I.: Analiza wymiarowa i teoria podobieństwa w mechanice. WNT, Warszawa, 1968.
- [6] Walden H., Stasiak I.: Mechanika cieczy i gazów w inżynierii sanitarnej. Arkady, Warszawa, 1971.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДНОГО ПОТОКА
В ВОДОПРОВОДНЫХ НАДВИЖНЫХ КОМПЕНСАЦИОННЫХ МУФТАХ
НЕБОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

Р е з ю м е

В статье представлены результаты исследования гидравлических сопротивлений компенсационной надвигной муфты, монтируемой на водопроводах, находящаяся под влиянием горной деформации поверхности. Определены величины коэффициента местного сопротивления при разных величинах дилатации для предела чисел Рейнольдса 49 000 - 91 000.

RESEARCH OF THE RESISTANCE HEAD
OF COMPENSATION DEVICE WITH SMALL DIAMETERS

S u m m a r y

In the paper the authors have presented results of resistance head of compensation device installed on water-pipes being under the influence of mining area deformation. The value of the resistance coefficient for a few dilatations is determined by Reynolds numbers scale 49 000 - 91 000.