

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.:

Ciśnieniowy przepływ wody w rurociągu z umieszczonym wewnątrz przewodem

W pracy poddano analizie wpływ umieszczenia przewodu w obszarze ciśnieniowego przepływu wody na parametry hydrauliczne w rurociągu. Sformułowano następującą tezę pracy: „Przewód umieszczony wewnątrz stalowego rurociągu w obszarze ciśnieniowego przepływu wody powoduje niewielki wzrost liniowych strat ciśnienia w ruchu ustalonym oraz ma tłumiące oddziaływanie na przyrosty ciśnienia wody i skraca czas trwania dodatniego uderzenia hydraulicznego”. Celami pracy było wyjaśnienie wpływu umieszczenia przewodu w sieci wodociągowej na jej przepustowość i straty ciśnienia podczas ustalonego przepływu wody oraz sprężystości ścianki wprowadzanego przewodu na przebieg uderzenia hydraulicznego. Rozróżniono trzy rodzaje przewodów – przewody o pełnym przekroju, cienkościenne i grubościenne.

Praca składa się z dwóch zasadniczych części – pierwsza dotyczy ustalonego ciśnieniowego przepływu wody w rurociągu z umieszczonym wewnątrz przewodem, zaś druga odnosi się do nieustalonego przepływu wody, występującego podczas uderzenia hydraulicznego. W każdej z obu części, jako metody badawcze wykorzystano analizy teoretyczne, badania hydrauliczne oraz obliczenia numeryczne. Pomiary hydrauliczne wykonano dla czterech różnych pełnych przewodów w postaci przewodów światłowodowych, oraz dla grubościennego przewodu silikonowego. Badania doświadczalne ograniczono do zakresu zewnętrznych średnic przewodów nieprzekraczających 0,15 wewnętrznej średnicy rurociągu.

Teoretyczną analizę ustalonego przepływu w rurociągu z umieszczonym wewnątrz przewodem przeprowadzono z wykorzystaniem hipotezy Einsteina. Wykazano, że decydujący wpływ na obliczony współczynnik oporu i straty ciśnienia ma wzrost średnicy zewnętrznej przewodu w stosunku do średnicy wewnętrznej rurociągu. Numeryczną analizę parametrów ustalonego ciśnieniowego przepływu wody przeprowadzono z wykorzystaniem programu CFD Fluent. Stwierdzono, że wprowadzenie przewodu powoduje nieznaczne zmniejszenie obszaru maksymalnej prędkości przepływu wody. W celu weryfikacji teoretycznych zależności opisujących ustalony przepływ wody w rurociągu z umieszczonym wewnątrz przewodem,

przeprowadzono badania doświadczalne na modelu fizycznym. Pomierzone straty liniowe były zbliżone do obliczonych na podstawie zależności teoretycznych.

W ramach analizy teoretycznej nieustalonego przepływu wody, wyprowadzono trzy zależności pozwalające na analityczne obliczanie prędkości fali ciśnienia w rurociągu z umieszczonym wewnątrz pełnym, cienkościennym oraz grubościennym przewodem. Każdą z zależności wyprowadzono metodą bilansu masy oraz metodą bilansu pracy i energii. Obliczenia numeryczne dotyczące nieustalonego przepływu wody podczas uderzenia hydraulicznego w rurociągu z przewodem wykonano za pomocą programu obliczeniowego rozwiązującego równania uderzenia hydraulicznego zmodyfikowaną metodą elementów skończonych. Celem przeprowadzonych symulacji numerycznych było określenie wartości współczynników korygujących prędkość fali ciśnienia, pozwalających na uzyskanie wysokiej zgodności obliczeń z pomiarami.

Z przeprowadzonych pomiarów uderzenia hydraulicznego wynika, że umieszczenie przewodu światłowodowego w obszarze nieustalonego przepływu wody podczas uderzenia hydraulicznego skraca czas trwania zjawiska tj. sprawia, że kolejne amplitudy ciśnienia wygasają szybciej niż w przypadku rurociągu bez przewodu. Umieszczenie przewodu o podwyższonej odkształcalności ścianek znacząco zmniejsza maksymalne przyrosty ciśnienia wywołane zjawiskiem uderzenia hydraulicznego. Największą redukcję fali ciśnienia względem rurociągu bez przewodu otrzymano dla największego przepływu – przyrost ciśnienia w rurociągu z przewodem silikonowym stanowi 40,7% przyrostu ciśnienia w rurociągu bez przewodu.

Michał Kubiś