
HYDRODYNAMICZNE SKUTKI USZKODZEŃ HYDRAULICZNYCH PRZEWODÓW ELASTYCZNYCH POD WPLYWEM OBCIĄZEŃ DYNAMICZNYCH. MODELOWANIE I EKSPERYMENT

Michał STOSIAK¹, Mykola KARPENKO², Paweł BURY¹, Paulius SKAČKAUSKAS²

¹ Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, 50-370 Wrocław, ul. Łukasiewicza 7/9

² Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport Engineering, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, Lithuania,

Kontakt: michal.stosiak@pwr.edu.pl

Słowa kluczowe: obciążenia dynamiczne, przewód hydrauliczny, uszkodzenie zmęczeniowe, drgania, pękanie przewodów hydraulicznych

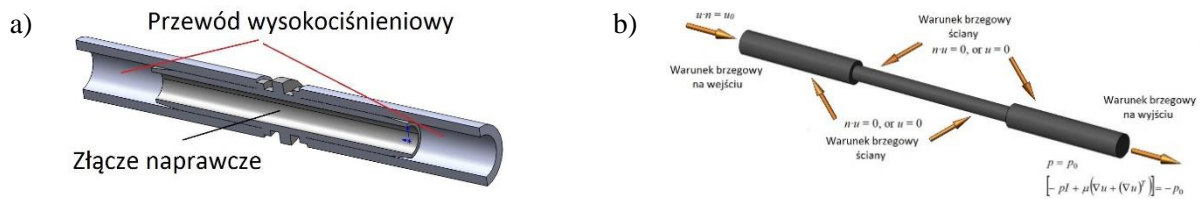
Układy hydrauliczne stosowane są w wielu gałęziach przemysłu. Ich zastosowanie jest bardzo szerokie i wciąż stanowią często niezastąpione elementy pełniąc bardzo odpowiedzialne funkcje. Pracująca maszyna robocza jest źródłem drgań mechanicznych o szerokim spektrum częstotliwości [1]. To prowadzi może m.in. do zmniejszenia dokładności pozycjonowania organów wykonawczych, nierównomierności pracy, skrócenia czasu eksploatacji maszyny. Pulsacja ciśnienia spowodowana jest też w układzie hydrostatycznym pracującą pompą wporową i jej pulsacją wydajności. Tak powstała pulsacja ciśnienia ma charakter okresowy. Częstotliwość tak powstałej pulsacji ciśnienia zależy od liczby elementów wporowych pompy i prędkości na wałku napędowym pompy. Natomiast amplituda zależna jest w dużym stopniu od amplitudy pulsacji wydajności i konfiguracji układu hydraulicznego, głównie pojemności przewodów hydraulicznych i ich długości. Obciążenia działające na elementy hydrauliczne są również dynamiczne, a w szczególności okresowe, jak np. pulsacja ciśnienia. Powoduje to wzbudzenie się okresowych drgań przewodów hydraulicznych. Drgające elastyczne przewody hydrauliczne niejednokrotnie ocierają o elementy maszyny, na której są zainstalowane lub o inne przewody znajdujące się bezpośrednio w ich otoczeniu. Prowadzi to często do uszkodzenia ścian przewodów elastycznych, ściany przecierają się i dochodzi do utraty szczelności przewodu, a w konsekwencji do awarii całego układu hydraulicznego. W takich przypadkach wymienia się cały przewód hydrauliczny lub gdy jest to ekonomicznie uzasadnione dokonuje się naprawy uszkodzonego przewodu stosując stalowe złącza naprawcze – rys. 1. Kolejnym newralgicznym z punktu widzenia możliwości uszkodzenia miejscem przewodu są ich zakucia. Bardzo często zdarza się, że na skutek obciążeń dynamicznych przewód hydrauliczny pęka w miejscu zakucia.



Rys. 1. Elastyczny przewód hydrauliczny: u góry – przewód nienaprawiany, u dołu – przewód naprawiany

Z konstrukcji elastycznego przewodu hydraulicznego wynika, że jego właściwości dynamiczne mają charakter nieliniowy. W pracy skupiono się na badaniach eksperymentalnych i modelowaniu numerycznym zjawisk hydrodynamicznych w elastycznych przewodach hydraulicznych poddawanych naprawie. Konieczność naprawy wynikała ze skutków obciążenia okresowego przewodu hydraulicznego pulsacją ciśnienia wewnętrznego. Rozważania symulacyjne i doświadczalne przeprowadzono dla przewodu z jednym złączem naprawczym. Jako obiekt odniesienia wykorzystano przewód nieuszkodzony. Analizowano prędkość drgań przewodu, a w rozważaniach symulacyjnych rozkład ciśnienia i prędkości przepływu wewnątrz przewodu. Analizy symulacyjne koncentrowały się na odcinku przewodu, w którym znajduje się złącze naprawcze. Na potrzeby symulacji numerycznej utworzono przekrój modelu 3D

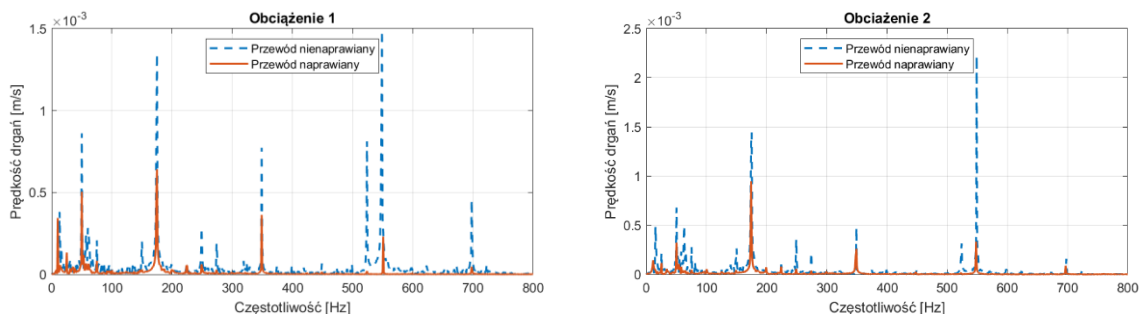
przewodu wysokociśnieniowego ze złączem naprawczym [2]. Przekrój w połączeniu złączki naprawczej i przewodu wysokociśnieniowego pokazano na rys. 2a. Na rysunku 2b pokazano zastosowane warunki brzegowe użyte do rozwiązania ściślejszych równań Naviera–Stokesa ze standardowym modelem turbulencji $k-\varepsilon$ do symulacji przepływu płynu wewnątrz przewodów wysokociśnieniowych.



Rys. 2. a) Przekrój na połączeniu złącza naprawczego i przewodu wysokociśnieniowego, b) warunki brzegowe symulacji przepływu w oprogramowaniu Ansys® Fluent®

Symulacja numeryczna przepływu płynu wewnątrz przewodów wysokociśnieniowych została opracowana przy użyciu Ansys® Workbench®. Kod numeryczny został oparty na metodzie objętości skończonych. Badany obszar obejmował objętość 3D zamkniętą ze wszystkich stron i podzieloną na czworokąty. Siatka została udoskonalona w pobliżu zmian w obszarze przekroju poprzecznego i wokół obiektów ograniczających.

W badaniach doświadczalnych oceniono wpływ natężenia przepływu, średniego ciśnienia i naprężenia wstępnego na amplitudę prędkości drgań przewodu. Drgania przewodu były wymuszane przez pulsujący przepływ płynu roboczego. Do przeprowadzenia badań zaprojektowano i zbudowano oryginalne stanowisko badawcze ze zintegrowanym wielokanałowym torem pomiarowym do pomiaru i rejestracji następujących parametrów: natężenie przepływu, ciśnienie na początku i końcu badanego przewodu (składowa stała i zmienna), przemieszczenie osiowe przewodu, siła reakcji w podporach, temperatura płynu wewnątrz przewodu (na początku i końcu przewodu) oraz prędkość drgań przewodu. Przykładowe wyniki dla ciśnienia 80 bar i naciągu 100 N przy zmiennym przepływie przedstawione są na rysunku 3.



Rys. 3. Porównanie widma prędkości drgań przewodu nienaprawianego i naprawianego poddanych różnym obciążeniom: Obciążenie 1 – 6,5 l/min, Obciążenie 2 – 10 l/min

BIBLIOGRAFIA

- [1] STOSIAK M., KARPENKO M., PRENTKOVSKIS O., DEPTUŁA A., SKAČKAUSKAS P., *Research of vibrations effect on hydraulic valves in military vehicles*, Defence technology. Beijing: KeAi Publishing LTD., ISSN 2096-3459, In Press (2023), pp. 1–15.
- [2] KARPENKO M., BOGDEVIČIUS M., *Investigation into the hydrodynamic processes of fitting connections for determining pressure losses of transport hydraulic drive*, Transport. Vilnius: VGTU Press, ISSN 1648-4142, Vol. 35, Iss. 1 (2020), pp. 108–120.