
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Piotr DUDZIŃSKI, Aleksander SKURJAT*

Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Wydział Mechaniczny,
Politechnika Wrocławska.

* aleksander.skurjat@pwr.wroc.pl

WPLYW PODATNOŚCI ELASTYCZNYCH PRZEWODÓW HYDRAULICZNYCH NA ZJAWISKO WĘŻYKOWANIA POJAZDÓW PRZEGUBOWYCH

Streszczenie: W ciągu ostatnich lat można zaobserwować wzrost zainteresowania takimi pojazdami z przegubowymi układami skrętu, które będą miały zdolność poruszania się z prędkościami powyżej 50-60 km/h. Aktualnie osiągnięcie takich prędkości nie jest możliwe ze względu na liczne problemy związane z utrzymaniem pojazdu w zadanym i określonym przez europejską normę, pasie ruchu. Eksperymentalne i symulacyjne badania wykazały, że przyczynami takiego stanu są: typ i rodzaj napędu, podatność wielkogabarytowych opon, trudności w postrzeganiu zadanego pasa ruchu przez operatora znajdującego się na istotnej wysokości w galopującym, kołyszącym i wężykującym pojeździe. Szczególną uwagę należy jednak zwrócić na sztywność hydraulicznego układu skrętu, na którą wpływają głównie podatność cieczy roboczej oraz rozszerzalność objętościowa (puchnięcie) przewodów hydraulicznych. Te dwa ostatnie zagadnienia odgrywają istotną rolę w precyzyjnym sterowaniu pracą maszyn i urządzeń i bezpośrednio wpływają na dokładność pozycjonowania elementów wykonawczych. W niniejszej pracy przedstawione i porównane zostały wyniki badań eksperymentalnych różnych typów elastycznych przewodów hydraulicznych. Przeanalizowano wpływ takich parametrów jak: długości, średnicy wewnętrznej i liczby warstw osnowy węża hydraulicznego.

1. Wstęp

Przegubowe pojazdy robocze, ze względu na swoje liczne zalety, są chętnie stosowane w niemal wszystkich gałęziach przemysłu. Aktualnie tej grupie pojazdów stawiane są coraz wyższe wymagania odnośnie zwiększenia prędkości jazdy, co pozwala na zwiększenie wydajności eksploatacyjnej maszyny, a w zastosowaniach w wojskowych maszynach inżynierskich umożliwia spełnienie kryteriów przemieszczania się kolumny wojskowej z minimalną prędkością 60 km/h. Aktualnie maksymalne prędkości poruszania się pojazdów przegubowych nie przekraczają 50-60 km/h, co związane jest min. z podatnością hydraulicznego układu skrętu oraz wieloma innymi czynnikami: inercyjnością opon wielkogabarytowych, trybem napędu czy też zdolnością postrzegania poprzez operatora zadanego pasa ruchu oraz inercją układu skrętu. Badania eksperymentalne przeprowadzone

w [1] wykazały, że istotną rolę w zmniejszeniu sztywności układu skrętu odgrywa: sprężystość cieczy roboczej oraz podatność („puchnięcie”) przewodów hydraulicznych.

2. Badania podatności przewodów hydraulicznych

Przewody hydrauliczne dobiera się przede wszystkim określając ich średnicę w celu zapewnienia właściwego przepływu oraz pod kątem ciśnień dynamicznych panujących w układzie, a także innych parametrów, np. środowiskowych czy rodzaju cieczy. Taki podstawowy dobór parametrów przewodów hydraulicznych nie jest wystarczający w przypadku układów precyzyjnych, w których należy uwzględnić całkowite zmiany objętości cieczy w celu utrzymania np. tłoka siłownika hydraulicznego układu skrętu w zadanym położeniu w przypadku działania na niego zmiennych sił generowanych w procesie współpracy opon z podłożem. Każda zmiana co do objętości zawartej cieczy roboczej w układzie rozdzielacz – przewód hydrauliczny – komora siłownika będzie skutkowałą przesunięciem tłoka, zmianą położenia członów przedniego i tylnego pojazdu przegubowego i w efekcie skrętem pojazdu. Norma PN-EN 12643+A1:2009 określa maksymalny możliwy uchyb trajektorii względem założonego prostoliniowego ruchu pojazdu i w przypadku, gdy przekracza normatywną wartość maksymalna prędkość musi zostać ograniczona tak, aby operator był w stanie prowadzić maszynę w zadanym pasie ruchu.

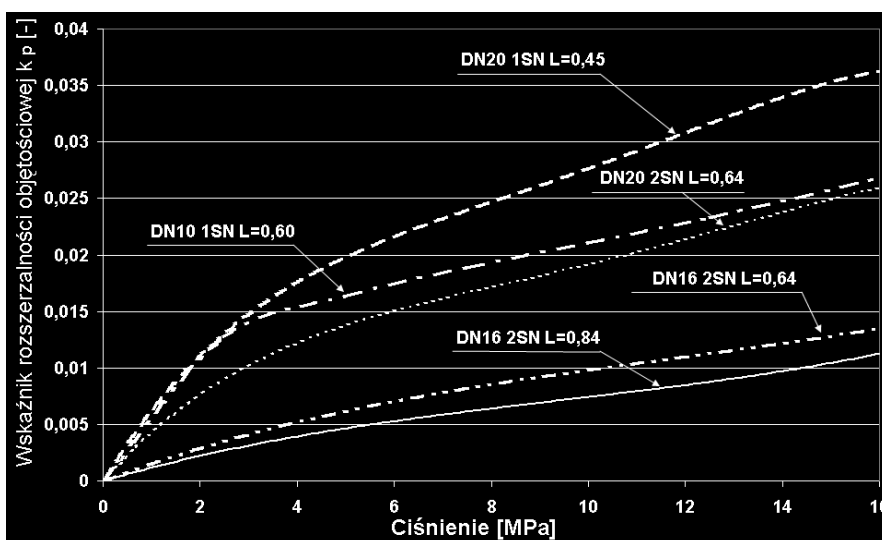
Niestety, w dostępnej literaturze i katalogach przewodów hydraulicznych brakuje informacji dotyczących zmian ich objętości („puchnięcia”) w funkcji ciśnienia. Parametr ten musi zostać określony doświadczalnie w celu zapobiegnięciu ruchom tłoka siłownika poprzez zastosowanie układów kompensujących niedobór lub nadmiar cieczy roboczej. Na rys. 1. pokazany został wpływ ciśnienia na wskaźnik rozszerzalności objętościowej k_p zdefiniowanej jako:

$$k_p = \frac{V_{zm} - V_{cr}}{V_0}, \text{ gdzie } V_{zm} - \text{zmiana objętości cieczy w skutek „puchnięcia” przewodu; } V_{cr} - \text{zmiana objętości}$$

cieczy roboczej w wyniku jej sprężystości; V_0 – nominalna objętość przewodu hydraulicznego

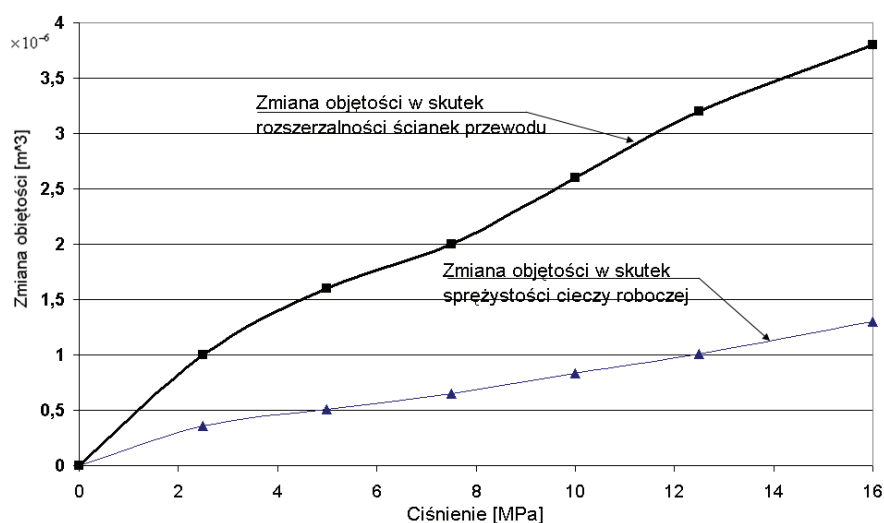
Z wykresu wynika, że osnowa dla różnych typów przewodów odkształca się nieliniowo i wartość wskaźnika rozszerzalności osiąga różne wartości. Przykładowo dla przewodów o jednej warstwie osnowy (1SN) i średnicach DN10 i DN20 do ciśnienia 3MPa odkształcają się w podobny sposób, natomiast dla wyższych ciśnień przewodów o mniejszej średnicy wewnętrznej osiąga mniejsze wartości odkształceń. Porównując odkształcalność przewodów tego samego typu, lecz o różnych długościach (DN16; 2SN; L=0,64 oraz L=0,84), można zauważyć, że rozszerzalność ścianek przewodów długich jest mniejsza.

Na rys. 2 pokazany został wpływ zmian objętości w skutek istnienia sprężystości cieczy roboczej oraz zmian objętościowych wynikających z „puchnięcia” przewodów. Łatwo zauważyć, że dla typowej zawartości nierozpuszczonego gazu w cieczy, zmiany wynikające z odkształcenia osnowy są kilkukrotnie większe. Jest to powód, dla którego współczynnik rozszerzalności objętościowej nie może zostać pominięty w obliczeniach niektórych typów układów hydraulicznych np. hydraulicznych układów skrętu pojazdów przegubowych. Podczas pomiarów badano przewody proste oraz zakrzywione normatywnym promieniem, przy czym wyniki pomiarów nieznacznie się od siebie różniły.



Rys.1 Wpływ ciśnienia wewnątrz przewodu na wskaźnik rozszerzalności objętościowej k_p wybranych typów przewodów hydraulicznych

Fig. 1. Inertial pressure influence on the volume expanding coefficient of the chosen types of hydraulic pipes



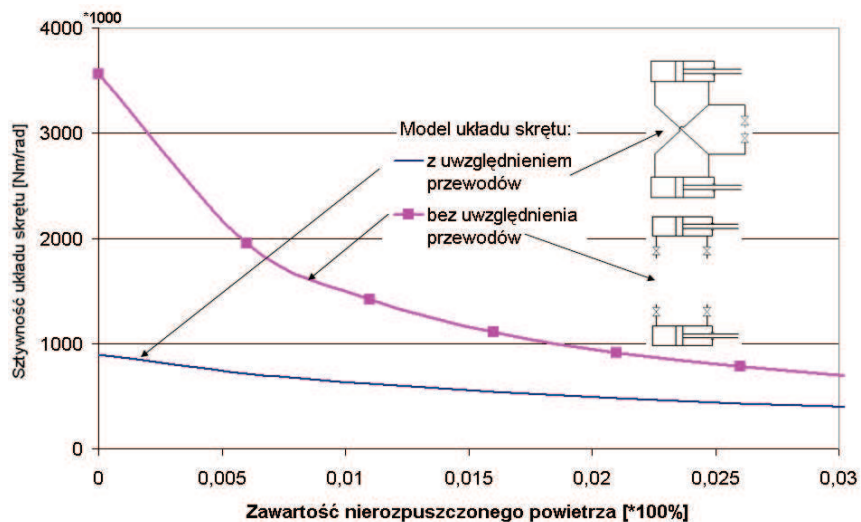
Rys. 2. Udział zmian objętości w skutek sprężystości cieczy roboczej oraz rozszerzalności objętościowej osnowy przewodu hydraulicznego DN16; 2SN; L=0,64

Fig 2. Changing volume partial influence of the liquid and wall expanding material of the hydraulic pipes DN16; 2SN; L=0,64

Na rys. 3. przedstawiony został wpływ podatności przewodów (zarówno osnowy i cieczy roboczej) na sztywność układu skrętu pojazdu przegubowego w funkcji zawartości nierozpuszczonego powietrza. Model obliczeniowy przedstawiono w [1], [2].

Z wykresu wynika, że sprężystość cieczy oraz rozszerzalność objętościowa przewodów ma istotny wpływ na całkowitą sztywność układu. Dla małych zawartości powietrza wpływ ten jest szczególnie istotny. Przeprowadzone badania [1] wykazały, że wzrost sztywności prowadzi do możliwości zwiększenia prędkości maksymalnej pojazdów.

Przeprowadzone badania wykazały konieczność uwzględnienia parametrów przewodów hydraulicznych przy projektowaniu układów hydraulicznych cechujących się dużą sztywnością oraz precyzją działania.



Rys. 3. Wpływ przewodów hydraulicznych na sztywność układu skrętu pojazdu przegubowego
Fig. 3. Influence of the hydraulic pipes on a articulated rigid frame steering system stiffness

Literatura

1. Skurjat A.: Modelowanie procesu stabilizowania ruchu pojazdu przegubowego na podwoziu kołowym, Wrocław. praca doktorska, Politechnika Wrocławska, 2009.
2. Dudziński P.: Lenksysteme für Nutzfahrzeuge. Berlin ; Springer-Verlag, 2005.
3. Kudźma Z.: Właściwości dynamiczne przewodów hydraulicznych, „Hydraulika i Pneumatyka” R. 25, nr 6, 2005.

ELASTIC HYDRAULIC PIPES FLEXIBILITY INFLUENCE ON SNAKING FENOMENA OF ARTICULATED JOINT BODY VEHICLES

Summary: In the last few years an interest in high speed articulated vehicles is observed. Actually the maximum velocity of this type of vehicles can not exceed more than 50-60 km/h due to the problems with keeping the machine in given European normative path. Both experimental and simulation examination show that the source of problems are as follows: type of driving system, lateral tires characteristics, difficulties with the way of observing the road by driver because of porposing, snaking and longitudinal oscillations of the vehicle. The main problem source seems to be laid in steering system stiffness as it strongly depends on the compressibility of hydraulic fluid and expansion of hydraulic pipes. This two last take an important role in precise steering (adjusting) of machines and actuators in hydraulic systems. In this work a comparison of different types of hydraulic pipes are presented. The influence of diameter, length, number of cord plates of pipes is discussed.