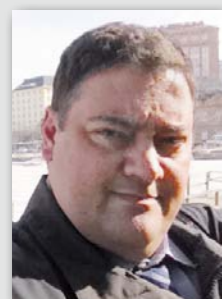


## Amortyzatory regulowane (cz.XIV)

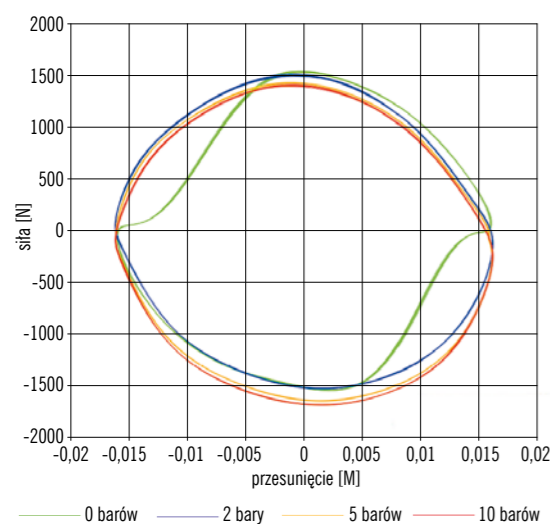
# Zależność kawitacji od ciśnienia w amortyzatorze (III)



**CARLOS PANZIERI**  
EMMETEC

WSZYSTKIE SZCZEGÓŁOWE INFORMACJE ZAWARTE W TYM ARTYKULE DOTYCZĄ AMORTYZATORA JEDNORUROWEGO WYPOSAŻONEGO W REGULACJĘ FAZY ŚCISKANIA I ODDZIELNY, ZEWNĘTRZNY ZBIORNIK OLEJU AMORTYZATOROWEGO

Podstawą niniejszego opracowania jest praca dyplomowa Giulii Morettini przygotowana we współpracy z firmami Em-



RYS. 1. WYKRES SIŁA-PRZESUNIĘCIE, KRZYWA CHARAKTERYSTYCZNA DLA CZĘSTOTLIWOŚCI 5 HZ

metec i Orpav z Varese, a zatytułowana „Badanie numeryczne i eksperymentalne amortyzatora hydraulicznego przy występowaniu kawitacji”. Jej recenzentami byli prof. inż. Francesco Castellani oraz inż. Nicola Bartolini z Wydziału Inżynierii Uniwersytetu w Perugii.

### Warunki testów eksperymentalnych

W celu zbadania zjawiska kawitacji poddano amortyzator serii testów, podczas których zachowano niezmienny zespół zaworów tłoka i systemu regulacji oraz ich ustalone pozycje. Wykorzystano przy tym olej SAE5W o niezmienniej temperaturze około 20°C.

Parametry zmienne to wewnętrzne ciśnienie w amortyzatorze, wynoszące kolejno: 0, 2, 5 i 10 barów. Dla każdej wartości ciśnienia przeprowadzono próby z różnymi prędkościami ruchu tłoka.

### Analiza wykresów siła/przesunięcie

Wykresy siła/przesunięcie (rys. 1) uzyskane podczas prób na stole testowym to stosunkowo jednorodne krzywe, odpowiadające wszystkim zastosowanym ciśnieniom poza  $P = 0$  barów (krzywa jasno zielona), przy którym występują podciśnienia na początku fazy rozciągania i ściskania. Wówczas na pewnym odcinku skoku tłoka amortyzator zwiększa swój opór wewnętrzny w obu fazach pracy przy wzroście prędkości ruchu tłoczyska.

Wynika to z faktu, iż pęcherzyki gazu powstające w wyniku kawitacji pomiędzy tłokiem a prowadnicą w trakcie fazy ściskania zapadają się w fazie rozciągania i tworzą podciśnienie wciągające tłok w kierunku prowadnicy. Towarzyszy temu, oczywiście, wysuwanie tłoczyska na zewnątrz amortyzatora przez siłę

przeciwdziałającą wewnętrznemu oporowi amortyzatora.

W efekcie na początkowym odcinku każdego skoku tłoka występuje:

1. spadek siły tłumienia, a więc nieprawidłowa praca zawieszki;
2. wibracja, która może przenosić się do wnętrza kabiny pojazdu.

### Analiza histerezy wykresów siła/prędkość

Wykresy te pokazują, w jaki sposób siła przy rozciąganiu i ściskaniu zmienia się w zależności od prędkości i/lub przyspieszenia ruchu tłoka względem cylindra amortyzatora.

Pozwala to zrozumieć rys. 2. Otóż przy prędkości  $V = 0$  mm/s niebieska krzywa siły może przybierać dwie charakterystyczne wartości: jedną bliską  $F = 0$  N (u góry wykresu), a drugą ujemną (u dołu).

W punkcie, któremu na niebieskiej krzywej odpowiadają wartości współrzędnych: prędkość = 0 mm/s i siła bliska 0 N, zwiększenie prędkości tłoka amortyzatora (a więc jego przyspieszenie) w fazie ściskania spowoduje wzrost siły aż do wartości maksymalnej.

W okolicach połowy skoku tłoka, czyli przy maksymalnej prędkości cyklu, wystąpi też maksymalna siła tłumienia, której wartość w tym wypadku wynosi 1 800 N.

Następnie skok w fazie ściskania przesuwa się dalej, lecz jego prędkość się zmniejsza. Wówczas niebieska krzywa przesuwa się w prawo, w kierunku niższych wartości siły. Po przywróceniu warunków  $V = 0$  mm/s otrzymuje się wtedy siłę ujemną. Oznacza to wywieranie siły nawet przy zatrzymanym ruchu tłoka w fazie ściskania.

Powody tego zjawiska są następujące:

1. przede wszystkim wewnętrzne ciśnienie w amortyzatorze wzrosło

względem stanu początkowego, więc jego punkt zerowy uległ przesunięciu w dół;

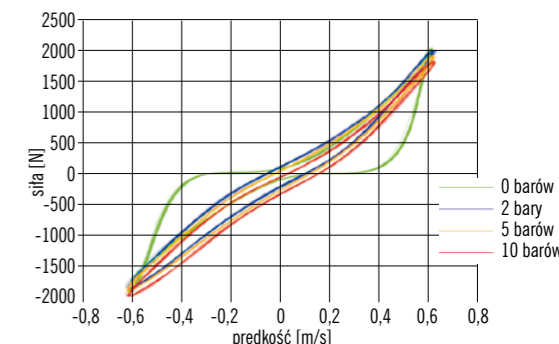
2. wewnętrzne elementy amortyzatora mogą zachowywać się w sposób niesymetryczny, zwłaszcza blaszki tłoka, które tak jak wszystkie elementy elastyczne, mają własną histerezę i dlatego, rozpraszając pochłoniętą energię, oddają jej mniej niż otrzymały.

Na początku fazy rozciągania prędkość i siła zmniejszają się, przesuując krzywą w lewo, ale powyżej poprzedniego jej przebiegu, aż do punktu początkowego, w którym prędkość wynosi 0 mm/s, a siła około 0 N. Druga część krzywej jest ponad pierwszą, ponieważ przy tym samym oporze ściskania, powodowanym przez gaz w oddzielnym zbiorniku, jest ona niższa pod względem wartości.

Różnica między zieloną krzywą ( $P = 0$  barów) a pozostałymi jest mocno zaznaczona, co oznacza, iż na początkowym odcinku skoku amortyzatora kawitacja niweluje jego siłę tłumienia, czyli rzeczywistą wydajność.

Dla zrozumienia szkodliwości tego zjawiska należy wziąć pod uwagę, że:

1. właśnie na początku fazy rozciągania potrzebna jest maksymalna siła tłumienia, gdyż wtedy (przy maksymalnym ściśnięciu) sprężysty element zawieszki uwalnia swą największą energię potencjalną;
2. w tych również warunkach nadwozie pojazdu poddawane jest największym przyspieszeniom z powodu kołysania poprzecznego, wahań wzdłużnego i ruchów pionowych.



RYS. 2. WYKRES SIŁA-PRĘDKOŚĆ, KRZYWA HISTEREZY DLA 6 HZ

### Analiza stanu oleju

Specjalna kamera filmująca wnętrze testowanego amortyzatora pozwala odkryć, że kawitacja pojawia się już przy ciśnieniu 5 barów, nawet jeśli stół testowy tego nie wykazuje.

Szczegółowa analiza obrazów filmowych przy różnych ciśnieniach wewnętrznych dowodzi, że kawitacja przy:

1.  $P = 10$  barów, nie pojawia się;
2.  $P = 5$  barów (rys. 3) jest w fazie początkowej, pęcherzyki są rozprzestrzenione w płynie, a dobrze widoczne przy by-passach tłoka;
3.  $P = 2$  bary (rys. 4) występuje w stadium rozwiniętym, odznaczającym się większą ilością pęcherzy, utrzymujących się dłużej i występujących w większej odległości od by-passów;
4.  $P = 0$  barów (rys. 5) osiąga stadium maksymalnie rozwinięte.

### Wnioski

Każdy amortyzator ma charakterystyczną dla niego wartość minimalnego ciśnienia, poniżej której zjawisko kawitacji występuje bardzo łatwo. Jednak nawet przy utrzymywaniu odpowiednich (wyższych) wartości ciśnienia parametry determinujące powstawanie kawitacji są liczne. Należą do nich:

1. niedostateczna harmonijność zmian pomiędzy przeciwnymi fazami ruchu; →



WSZYSTKO DO REGENERACJI I PRODUKCJI AMORTYZATORÓW



CZĘŚCI ZAMIENNE DO AMORTYZATORÓW • SPRĘŻYNY • NARZĘDZIA I URZĄDZENIA DO PRODUKCJI I REGENERACJI AMORTYZATORÓW • STACJE ROBOCZE I STOŁY TESTOWE DO AMORTYZATORÓW • SZKOLENIA TECHNICZNE

FA Polska Sp. z o.o. • 81-531 Gdynia, ul. Wielkopolska 371 • tel. 58 350 54 10 / faks 58 351 16 06 • info@fapolska.pl • www.fapolska.pl



WSZYSTKO DO REGENERACJI UKŁADÓW KIEROWNICZYCH



CZĘŚCI ZAMIENNE I ZESTAWY NAPRAWCZE DO PRZEKŁADNI KIEROWNICZYCH • PODZESPOŁY DO HYDRAULICZNYCH I ELEKTRYCZNYCH POMP WSPOMAGANIA • CZĘŚCI ZAMIENNE DO EPS-C, EPS-P I EPS-R • NARZĘDZIA, STOŁY TESTOWE I APARATURA DIAGNOSTYCZNA • SZKOLENIA TECHNICZNE

FA Polska Sp. z o.o. • 81-531 Gdynia, ul. Wielkopolska 371 • tel. 58 350 54 10 / faks 58 351 16 06 • info@fapolska.pl • www.fapolska.pl