

Janusz GARDULSKI, Rafał BURDZIK

CECHY ZAWIESZEŃ MECHANICZNYCH I HYDROPNEUMATYCZNYCH SAMOCHODÓW OSOBOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono istotę działania zawiesznień hydropneumatycznych. Celowe jest, aby charakterystyki tłumienia i sprężystości zawiesznień samochodowych były czułe na zmienne warunki drogowe. Przedstawiono elementy odpowiedzialne za eliminację drgań nadwozia. Rozwiązanie to porównano z tradycyjnym zawieszeniem niezależnym.

CHARACTERISTICS OF MECHANICAL AND HYDRO-PNEUMATIC PASSENGER CAR SUSPENSIONS

Summary. The paper presents the key factors of hydro-pneumatic suspensions working. Attenuation diagrams and elasticity characteristics should be accommodation to road conditions. It presents elements responsible for that part of suspension functioning. We can compare it with conventional independent suspension.

WSTĘP

Duże znaczenie dla bezpieczeństwa jazdy ma zawieszenie samochodu. Zadaniem jego jest ochrona pojazdu, pasażerów i ładunku przed dynamicznym oddziaływaniem drogi. Główne wymagania stawiane przed zawieszzeniami samochodowymi to:

- przenoszenie na nadwozie sił pionowych, poziomych (wzdłużnych i poprzecznych), jakie są reakcjami od nawierzchni drogi,
- tłumienie drgań pionowych nadwozia,
- ograniczenie przemieszczeń pionowych, przechyłów poprzecznych i wzdłużnych nadwozia,
- prawidłowa kierowność i stateczność ruchu pojazdu przy jeździe prosto i krzywoliniowej [1].

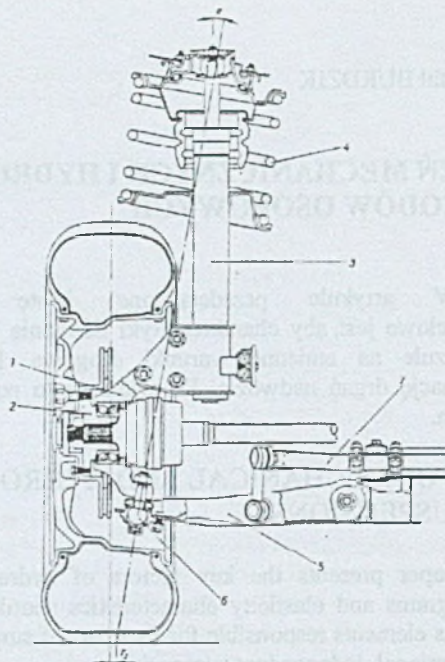
W procesie projektowania dąży się do uzyskania kompromisu pomiędzy dwoma przeciwstawnymi czynnikami: komfortem a bezpieczeństwem jazdy. Bezpieczeństwo ruchu wymaga zawiesznień o dużej sztywności, natomiast komfort jazdy – słabego tłumienia.

TYPOWE NIEZALĘŻNE ZAWIESZENIA MECHANICZNE

We współczesnych samochodach klasy średniej powszechnie stosowane są zawieszania niezależne, w których skład wchodzi:

- sprężyny mechaniczne,
- elementy tłumiące – amortyzatory,
- elementy łączące.

Przykładem takiego zawieszenia przedniego jest rozwiązanie przedstawione na rys. 1 [5].



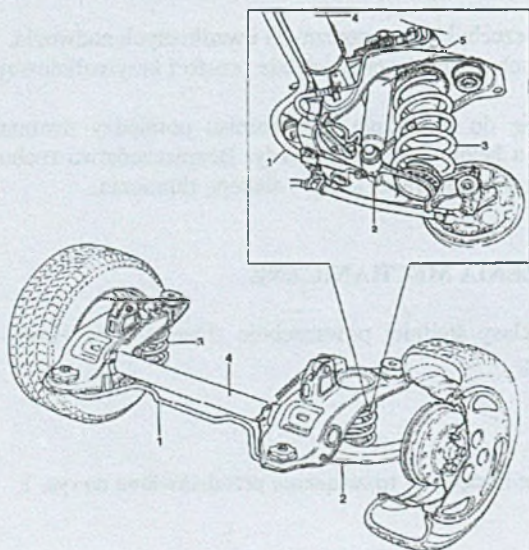
Rys. 1. Zawieszenie McPhersona

Fig. 1. McPherson's suspension

1 - zwrotnica, 2 - piasta koła, 3 - kolumna z amortyzatorem wewnątrz, 4 - sprężyna, 5 - wahacz, 6 - przegub kulisty, 7 - stabilizator

Składa się ona ze sprężyny, amortyzatora i zwrotnicy tworzących jeden zespół, który jest połączony z wahaczem mocowanym do nadwozia. Służą one do prowadzenia, resorowania i tłumienia drgań kół jezdnych.

Przykładowe zawieszenie tylne ilustruje rys. 2 [1].



Rys. 2. Zawieszenie z pojedynczymi wahaczami wzdłużnymi samochodu Fiat Punto

Fig. 2. Fiat Punto suspension with single trailing arm

1 - stabilizator,
2 - wahacz,
3 - sprężyna,
4 - rama zawieszania tylnego,
5 - amortyzator

Przedstawione zawieszenie składa się z wahaczy wleczonych mocowanych do ramy pomocniczej, która przykręcona jest do nadwozia. Wahacze połączone są drążkiem stabilizacyjnym. Elementami resorującymi są sprężyny śrubowe i amortyzatory teleskopowe.

Jako elementy sprężyste powszechnie stosuje się metalowe sprężyny naciskowe, mające nieliniowe charakterystyki (rys.3.) [1].

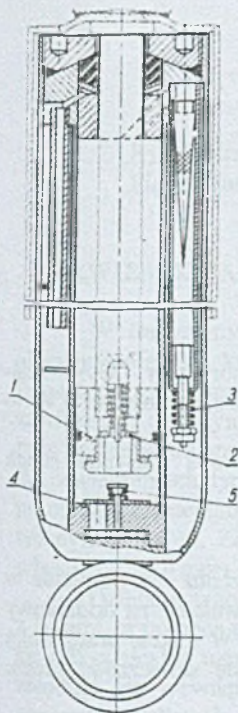


Rys.3. Zmiana sztywności sprężyny stożkowej
Fig. 3. Characteristic of cone spring rate

Elementami wykorzystywanymi do tłumienia drgań są najczęściej amortyzatory teleskopowe. Ze względu na budowę można podzielić je na:

- jednorurowe wysokociśnieniowe,
- dwururowe niskociśnieniowe.

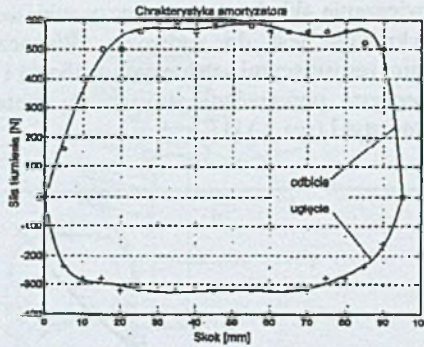
Przykładową budowę przedstawia rys. 4, zaś jego charakterystykę tłumienia rys. 5.



Rys. 4. Amortyzator teleskopowy dwururowy z zaworem odciążającym

Fig. 4. Two-tube telescopic shock absorber with rebound valve

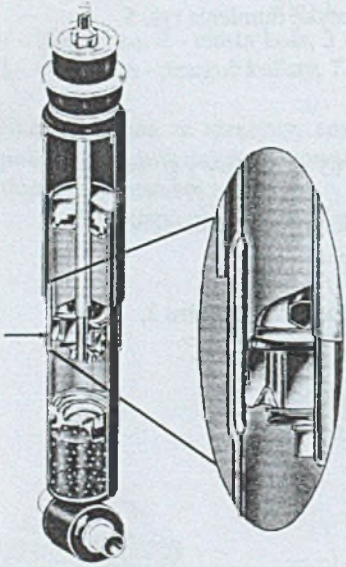
- 1- kanałiki na czołowej powierzchni śruby zaworu 2,
- 2- zawór tłokowy,
- 3- zaworek odciążający,
- 4- kanałiki na korpusie dolnego zaworu 5,
- 5- dolny zawór



Rys. 5. Przykładowa charakterystyka tłumienia amortyzatora
Fig. 5. Exemplary characteristic of shock absorber damping

Wymienione charakterystyki sprężystości i tłumienia tego typu zawieszenia są stałe, co jest wadą tego typu zawiesznień.

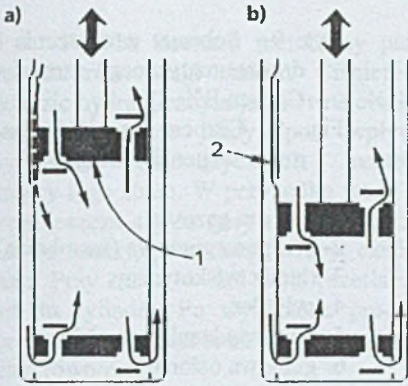
Zmiennym warunkom drogowym powinny odpowiadać wymuszone przez nie zmiany charakterystyk sprężystości i tłumienia elementów zawieszenia. Powyższe cele spełniają zawieszzenia aktywne, w których wymuszenie kinematyczne i siłowe steruje „charakterystykami” elementów sprężystych i tłumiących. Częściowym rozwiązaniem tego problemu są amortyzatory o zmiennej charakterystyce tłumienia uzyskanej dzięki wprowadzeniu dodatkowych kanałów przepływowych płynu amortyzatorowego podczas pracy (rys. 6).



Rys.6. Amortyzator jednorurowy wysokociśnieniowy gazowy ze szczeliną „bypass” (Vario firmy Sachs) [6]

Fig. 6. High-pressure gaseous one-tube shock absorber with bypass

Zasada działania tego typu amortyzatorów polega na zmniejszeniu siły tłumienia w czasie pracy tłoka w obszarze cylindra z rowkiem obejściowym. Pozwala on na dodatkowy przepływ płynu z ominięciem zaworów, co zwiększa komfort jazdy. W trakcie pracy tłoka poza tym obszarem tłumienie ma normalną wartość i zwiększa się stateczność ruchu. Prezentuje to rys. 7.



Rys. 7. Zasada pracy amortyzatora Vario:

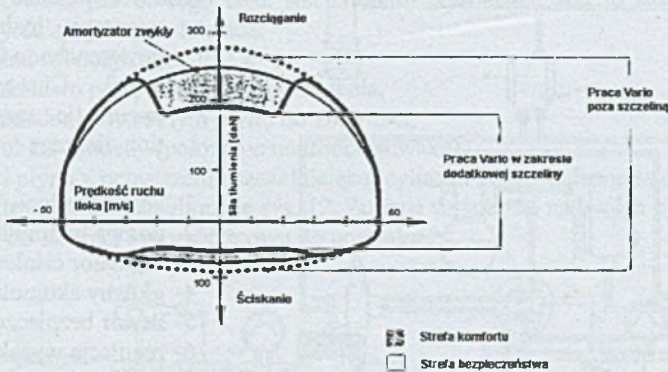
- a) praca z małym obciążeniem zawieszania,
 b) praca z pełnym obciążeniem zawieszania
 [7]

Fig. 7. Principle of Vario shock absorber operation:

- a) operation with small load of suspension,
 b) operation with full load of suspension

- 1 – tłok z zaworem,
 2 – rowek bocznikujący

W celu uzyskania różnych charakterystyk tłumienia (rys. 8) stosuje się różne kombinacje ilości, przepustowości oraz wzajemnego położenia kanałów bocznikujących.



Rys. 8. Zmienna charakterystyka pracy amortyzatora Sachs Vario [4]

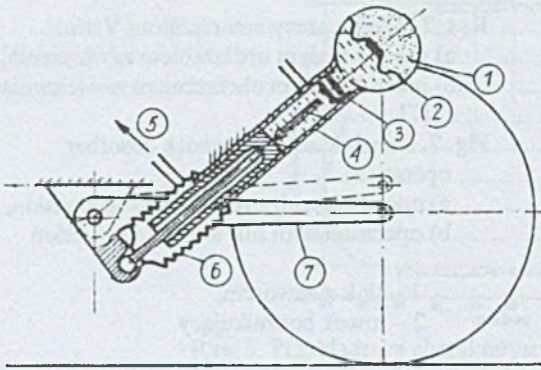
Fig. 8. Variable characteristic of Sachs Vario shock absorber operation [4]

ZAWIESZENIA HYDROPNEUMATYCZNE

W tradycyjnych układach zawieszzeń samochodów osobowych występują zawsze elementy sprężyste, których celem jest przemieszczenie sił pionowych oraz elementy tłumiące (amortyzatory), zmniejszające dynamikę zawieszzeń. Zastąpienie typowych elementów zawieszania (sprężyny, amortyzatory) dwoma czynnikami roboczymi – płynem i gazem – były podstawą do opracowania przez firmę Citroen zawieszzeń hydropneumatycznych.

W zawieszzeniach tych gaz pełni funkcję elementu sprężystego, a płyn pełni przekładnika pomiędzy elementami ruchomymi zawieszania (wahacze) i zbiornikami hydropneumatycznymi (rys. 9). Zasada pracy tego typu zawieszania oparta jest na charakterystycznych właściwościach gazu i cieczy [3].

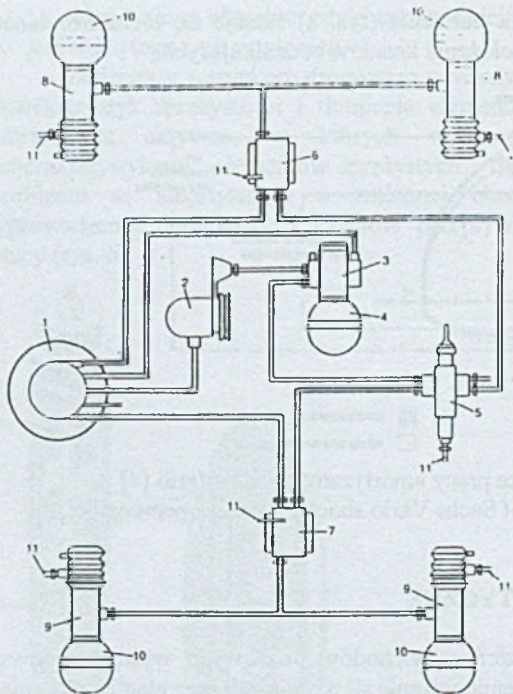
Działanie tego typu zawieszania jest następujące. Nadwozie samochodu połączone jest z kołami za pomocą cylindrów połączonych z kulami gazowymi, wewnątrz których znajduje się odkształcalna membrana. Membrana rozdziela od siebie dwa media – gaz (azot), który znajduje się wewnątrz czaszy kulistej (rys. 11) i płyn wypełniający cylindry i część elementów kulistych.



Rys. 9. Schemat zawieszenia hydropneumatycznego samochodu Citroen BX

Fig. 9. Citroen BX hydro-pneumatic suspension diagram:

- 1- komora gazowa,
- 2- przepona gumowa (membrana),
- 3- tłumik wiskotyczny,
- 4- cylinder,
- 5- odprowadzenie przecieków,
- 6- gumowa osłona,
- 7- wahacz



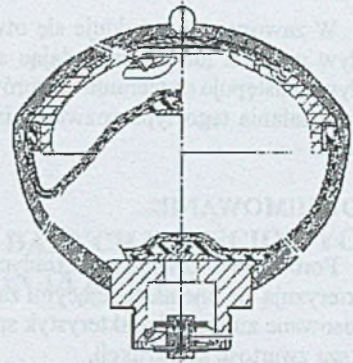
Rys. 10. Schemat integracyjny zawieszenia hydropneumatycznego samochodu Citroen BX [4]

Fig. 10. Citroen BX hydro-pneumatic suspension integration diagram

- 1- zbiornik płynu
- 2- pompa hydrauliczna
- 3- regulator ciśnienia
- 4- główny akumulator ciśnienia
- 5- zawór bezpieczeństwa
- 6- regulacja wysokości zawieszenia przedniego
- 7- regulacja wysokości zawieszenia tylnego
- 8- przedni element resorujący
- 9- tylny element resorujący
- 10- akumulator ciśnienia elementów resorujących
- 11- króciec przewodu powrotnego

Do prawidłowej pracy zawieszenia hydropneumatycznego niezbędne jest utrzymanie w układzie odpowiedniej wartości ciśnienia płynu. Do tego celu służy pompa ciśnienia przelączająca płyn ze zbiornika do cylindrów zawieszenia poprzez regulator ciśnienia, zasobnik (akumulator) ciśnieniowy płynu, zawór bezpieczeństwa i korektor wysokości. Regulator ciśnienia służy ustaleniu w układzie ciśnienia nominalnego oraz magazynowania w akumulatorze odpowiedniej objętości płynu w celu ograniczenia czasu pracy pompy i skrócenia czasu reakcji układu. Zawór bezpieczeństwa zapewnia pierwszeństwo zasilania obwodów wpływających na bezpieczeństwo przed innymi układami oraz zamyka obwody (przedni lub tylny) w przypadku awarii zasilania. Ciśnienia w czasach kulistych zawieszenia przedniego i tylnego są różne. W stanie spoczynku azot w czaszy sprzężony jest pod ciśnieniem nominalnym.

Po obu stronach membrany panują warunki równowagi ciśnień. Ciśnienie w układzie hydraulicznym jest równe ciśnieniu gazu. W trakcie jazdy, pod wpływem wymuszeń kinematycznych następują zmiany tego stanu. W przypadku jazdy tłok przemieszcza się do góry a płyn włączany jest do czaszy, powodując wzrost ciśnienia gazu. Przy ruchu w dół płyn przetłaczany jest do cylindra. Po wykonaniu procesów sprężania i rozprężania układ wraca do położenia równowagi.

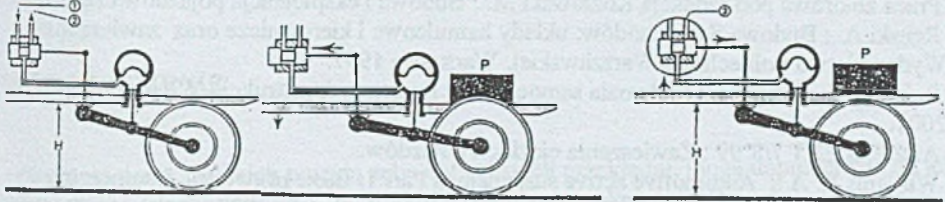


Rys. 11. Czasza kulista
Fig. 11. Spherical cap

W porównaniu z zawieszzeniami klasycznymi przedstawione rozwiązanie umożliwia zastosowanie układów odpowiedzialnych za utrzymanie stałego prześwitu nadwozia nad jezdnią, bez względu na wielkość i rozkład obciążenia osi przedniej i tylnej. Urządzeniem, które wykorzystywane jest do tego celu, jest korektor wysokości. Jest to suwakowy zawór trójdrożny, który działa jako rozdzielacz:

- 1) łączy układ roboczy (cylindry) z:
 - układem pompy wysokiego ciśnienia,
 - układem powrotnym płynu do zbiornika,
- 2) odłącza układ roboczy (położenie neutralne suwaka).

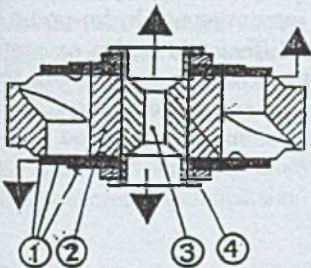
Przecieki płynu z przestrzeni uszczelniającej cylindra odprowadzane są do zbiornika. Działanie korektora wysokości obrazuje rys. 12. Zmiana wysokości nadwozia z normalnej przez pośrednią do skrajnej i powrót znowu do normalnej.



Rys. 12. Zasada działania korektora wysokości
Fig. 12. Principle of suspension height adjuster operation

- 1 – doprowadzenie ciśnienia, 2 – powrót do zbiornika, 3 – korektor wysokości

W zawieszaniu hydropneumatycznym rolę amortyzatora spełnia zawór umieszczony w gnieździe czaszy kulistej (rys. 13).



Rys. 13. Zawór
Fig. 13. Valve

- 1 – przesłony,
2 – korpus amortyzatora,
3 – otwór centralny,
4 – podkładka

W zaworze tym znajduje się otwarty kanał przelotowy, który umożliwia bezpośredni przepływ płynu z lub do kuli, dając słabe efekty tłumienia. Przy większych prędkościach przepływu następuje otwieranie zaworów amortyzatora odsłaniających kanały przelotowe. Zasada działania tego typu rozwiązania jest taka sama jak w amortyzatorach dwustronnego działania.

PODSUMOWANIE

Porównując zawieszania tradycyjne z hydropneumatycznymi można stwierdzić, że charakteryzują się one następującymi zaletami:

- dostosowane zmiany charakterystyk sprężystości i tłumienia do warunków drogowych,
- większa zwartość konstrukcji,
- mniejsze masy nieresorowane,
- utrzymywanie stałej wysokości prześwitu,
- elementami sterującymi są wymuszenia kinematyczne i siłowe od nierówności drogi,
- są bezobsługowe, o dużej trwałości.

Literatura

1. Gardulski J. : Bezstanowiskowa metoda oceny stanu technicznego zawiesznień samochodów osobowych, Katowice-Radom 2003.
2. Ślaski G. , Walerjańczyk W. : Możliwości poprawy bezpieczeństwa czynnego przez zastosowanie zawieszienia półaktywnego, Konmot-Autoprogress 2004.
3. Kamieński E. : Dynamika pojazdów i teoria zawiesznień, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1977.
4. Praca zbiorowa pod redakcją Kozłowski M. : Budowa i eksploatacja pojazdów, część I,
5. Reński A. : Budowa Samochodów: układy hamulcowe i kierownicze oraz zawieszienia, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
6. Reimpell J., Betzler J. : Podwozia samochodów. Podstawy konstrukcji, WKiŁ , Warszawa 2001.
7. AutoEXPERT 7/8'99 : Zawieszienia ciężkich pojazdów.
8. Williams R. A. : Automotive active suspensions Part 1: Basic principles, Engineering Centra, Jaguar Cars, Coventry Proc. Instn Mech. Engrs, Part D, 1997.
9. Materiały firmowe firmy Citroen.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski

Abstract

The paper presents conventional independent car suspension and hydro-pneumatic car suspensions. The purpose was to describe what is the different in active or semi-active suspension working. It compares dampers and elasticity elements used in both technical solutions. The hydro-pneumatic suspensions was presented as example of construction which attenuation diagrams and elasticity characteristics accommodate to road conditions. Conclusion presents advantages of this type suspensions.

Praca wykonana w ramach BW-441/RT2/2004.