

Article citation info:

Macikowski K, Kaszuba S, Pawelski Z. Vehicle stabilizer bars with variable stiffness characteristics. The Archives of Automotive Engineering - Archiwum Motoryzacji. 2016; 74(4); 83-94, <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL74.ART6>

Vehicle stabilizer bars with variable stiffness characteristics

Stabilizatory samochodowe o zmiennej charakterystyce sztywności

**Krzysztof Macikowski¹, Stanisław Kaszuba²,
Zbigniew Pawelski³**

Politechnika Łódzka

Summary

The stabilizer is a device mounted to the vehicle body in a rocking manner. The ends of stabilizer bar arms are connected to the chassis elements. The central section is connected to the body by means of two radial bearings. The free ends (arms) are connected to suspension arms or suspension struts with short, bi-articulated bars. Stabilizer may be mounted either on the front or rear axle, or on both axles. Classic stabilizer is a U-shaped tube or rod of circular cross-section, made of spring steel and is characterized by a constant stiffness. In stabilizer bars referred to as active it is possible to change the rigidity. This allows to adapt the characteristics of the stabilizer bar to other components of the vehicle suspension, depending on the motion parameters it's possible to influence the vehicle's safety and handling, as well as the comfort of the driver and passengers. The article presents selected solutions of mechanisms and systems, whose role is to change the stiffness

¹ Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, e-mail: krzysztof.macikowski@p.lodz.pl

² Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, e-mail: stanislaw.kaszuba.500@guest.p.lodz.pl

³ Politechnika Łódzka, Wydział Mechaniczny, Katedra Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn, ul. Żeromskiego 116, 90-924 Łódź, e-mail: zbigniew.pawelski@p.lodz.pl

or tension of the bar. It also outlines the concept of stabilizer bar tension changes developed at the Department of Vehicles and Fundamentals of Machine Design at Lodz University of Technology.

Streszczenie

Stabilizator jest to urządzenie mocowane w sposób wahliwy do nadwozia, którego końce ramion połączone są z elementami podwozia. Część środkowa połączona jest z nadwoziem za pomocą dwóch łożysk promieniowych. Swobodne końce (ramiona) łączy się z wahaczami lub kolumnami zawieszenia kół za pomocą krótkich, dwuprzegubowych drążków. Stabilizator może być montowany zarówno na osi przedniej lub tylnej, jak i na obu osiach. Klasyczny stabilizator jest rurą lub prętem o przekroju okrągłym, wykonanym ze stali sprężynowej, uformowanym na kształt litery U. Cechuje go stała sztywność. W stabilizatorze nazywanym aktywnym istnieje możliwość zmieniania przebiegu sztywności. Dzięki temu przez odpowiednie dostosowanie charakterystyki stabilizatora do pozostałych elementów zawieszenia pojazdu, w zależności od parametrów ruchu można wpływać na bezpieczeństwo i kierowność pojazdu oraz komfort kierowcy i pasażerów. W artykule przedstawione zostały wybrane rozwiązania mechanizmów i układów, których zadaniem jest zmiana sztywności lub zmiana napięcia drążka. Zamieszczono również koncepcję zmiany napięcia drążka opracowaną w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej.

Keywords: stabilizer bar, active stabilizer bar, variable stiffness

Słowa kluczowe: stabilizator, stabilizator aktywny, zmienna sztywność

1. Wstęp

Stabilizatory samochodowe pełnią funkcję wpływającą na poprawę komfortu jazdy, kierowności i bezpieczeństwa. Nie dopuszczają one do zbyt dużych przechyleń nadwozia samochodu podczas jazdy z dużą prędkością po łuku. Przechylenie się jest konsekwencją działania siły odśrodkowej na: nadwozie pojazdu, elementy układu napędowego, przewożonych osób i ładunku. Mały przechył nadwozia jest korzystny dla precyzyjnego i bezpiecznego prowadzenia pojazdu. Zbyt duży przechył nadwozia może spowodować utratę kierowności wynikającą ze zmniejszenia siły dociskającej koło do podłoża, co w skrajnym przypadku może prowadzić do utraty kontaktu pomiędzy kołem a nawierzchnią jezdni. Konsekwencją takiej sytuacji jest boczny poślizg pojazdu, czyli utrata stateczności poprzecznej, co może doprowadzić do jego przewrócenia [1]. Urządzeniem odpowiedzialnym za zmniejszenie przechylenia, a więc poprawę kierowności jest stabilizator, czyli odpowiednio ukształtowany drążek skrętny o odpowiednio dobranej sztywności [1]. Sztywność ta określona jest wzorem:

$$K_b = \frac{P * l}{\alpha} = \frac{M}{\alpha} \quad (1)$$

gdzie:

K_b [Nm/rad]	–	szttywność drążka
P [N]	–	siła skręcająca drążek
L [m]	–	długość ramienia drążka
α [rad]	–	kąt skręcenia drążka
M [Nm]	–	moment występujący na ramieniu drążka

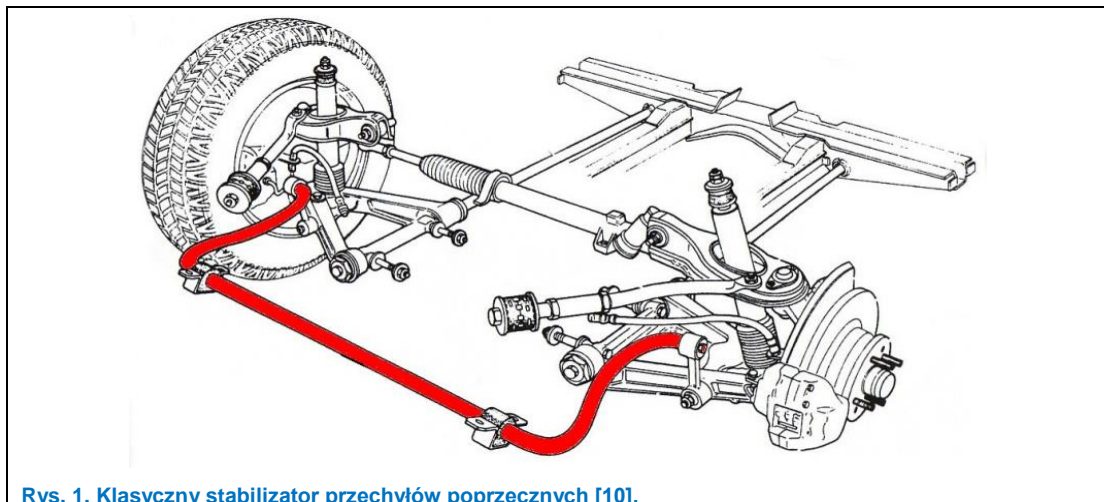
W technice samochodowej przyjmuje się, z niewielkim uproszczeniem, że sztywność stabilizatora jest stała.

Pośród znanych rozwiązań konstrukcyjnych stabilizatorów samochodowych wyróżnia się ich trzy podstawowe typy:

1. Stabilizatory prętowe – wykonywane są z prętów o przekroju poprzecznym pełnym. Cechuje je łatwość wykonania. Spotykane są zarówno w samochodach osobowych jak i ciężarowych.
2. Stabilizatory rurowe – wykonywane są jako rura zamknięta na końcach. Cechuje je nawet o 45% mniejsza masa, przy zachowaniu tego samego kształtu, tej samej maksymalnej siły stabilizującej i tego samego maksymalnego naprężenia. Tak korzystny rezultat udaje się osiągnąć dzięki lepszemu rozkładowi naprężeń w odróżnieniu do stabilizatorów prętowych [2]. Stosowane są przeważnie tam, gdzie ważne jest obniżenie wagi pojazdu, najczęściej w sportowych samochodach osobowych.
3. Stabilizatory dzielone – ich środkowa część jest rozdzielona, a w miejsce usuniętego materiału instalowane są mechanizmy napinające drążek w zależności od parametrów ruchu pojazdu. Stosowane w samochodach wyższej klasy oraz terenowych np.: typu SUV.

2. Stabilizator klasyczny (o stałej charakterystyce)

Klasyczny stabilizator, o stałej sztywności (rysunek 1), jest sprężyną kształtową, najczęściej wykonaną ze stali sprężynowej [2]. Część środkowa drążka pracuje na skręcanie, zaś ramiona boczne są zginane lub zginane i skręcane [3].



Rys. 1. Klasyczny stabilizator przechyłów poprzecznych [10].

3. Stabilizator aktywny (o zmiennej charakterystyce)

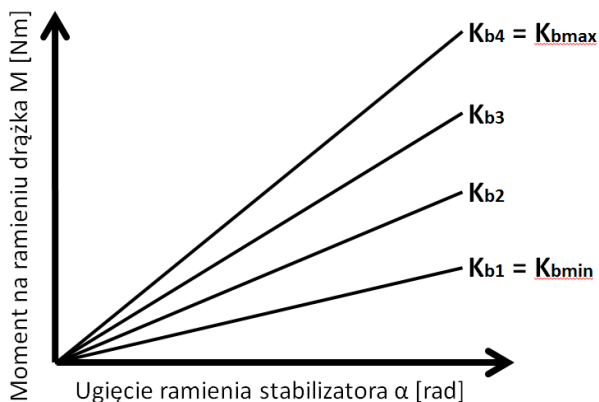
Stabilizator nazywany aktywnym, cechuje się tym, że parametr sztywności można zmieniać w pewnych granicach, płynnie lub stopniowo. Zmiana ta realizowana jest za pomocą układów hydraulicznych, elektrycznych, mechanicznych lub mieszanych.

Otrzymywane w postaci wykresów charakterystyki sztywności zawierają krzywe (K_{b1} , K_{b2} , K_{b3} , K_{b4} przykładowo przedstawione na rysunku 2), które w zależności od ugięcia ramienia drążka powinny cechować się linowością oraz możliwością zwiększania lub zmniejszania sztywności od wartości minimalnej K_{bmin} do maksymalnej K_{bmax} .

Analiza występujących rozwiązań w konstrukcjach aktywnych stabilizatorów pozwala wytypować kilka najczęściej spotykanych miejsc, gdzie konstruktorzy instalują mechanizmy zmieniające sztywność:

- środkowa część drążka (napinanie części środkowej za pomocą dźwigni mechanicznych lub instalowanie w części środkowej mechanizmów napinających drążek)
- ramiona drążka (skrącanie lub wydłużanie ramion lub zmiana kształtu przekroju poprzecznego ramion)
- końce ramion drążka (przesuwanie punktów podparcia łącznika stabilizatora współpracującego z ramieniem drążka, zastępowanie łączników stabilizatora siłownikami hydraulicznymi)

W dalszej części artykułu opisane zostaną wybrane przykłady mechanizmów i układów, których zadaniem jest zmiana sztywności lub zmiana napięcia drążka.



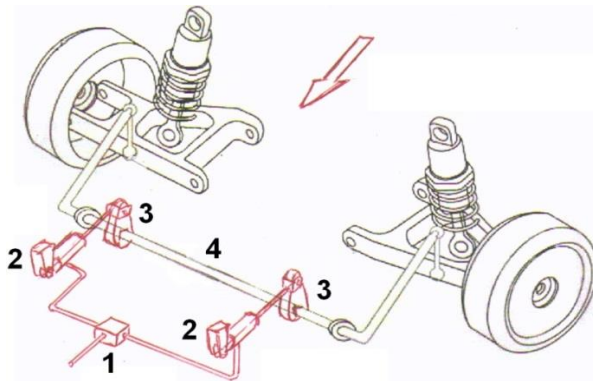
Rys. 2. Zakres zmiany sztywności aktywnego stabilizatora w zależności od jego nastaw regulacyjnych.

4. Zmiana sztywności w części środkowej drążka

4.1 Napinanie drążka za pomocą dźwigni mechanicznych

Na rysunku 3 przedstawiono koncepcję napinania drążka za pomocą dźwigni mechanicznych powstałą w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej. Układ posiada zawór 1, który steruje cieczą hydrauliczną doprowadzaną z pompy hydraulicznej (nie jest pokazana na rysunku) do dwóch siłowników dwustronnego działania 2. Dwie dźwignie 3 połączone są przegubowo z jednej strony z końcami tłoków siłowników 2, z drugiej strony zamocowane są nieruchomo do części środkowej 4 stabilizatora. Część środkowa 4 na odcinku pomiędzy dźwigniami 3 posiada mniejszą średnicę (mniejszą sztywność) niż pozostała część drążka.

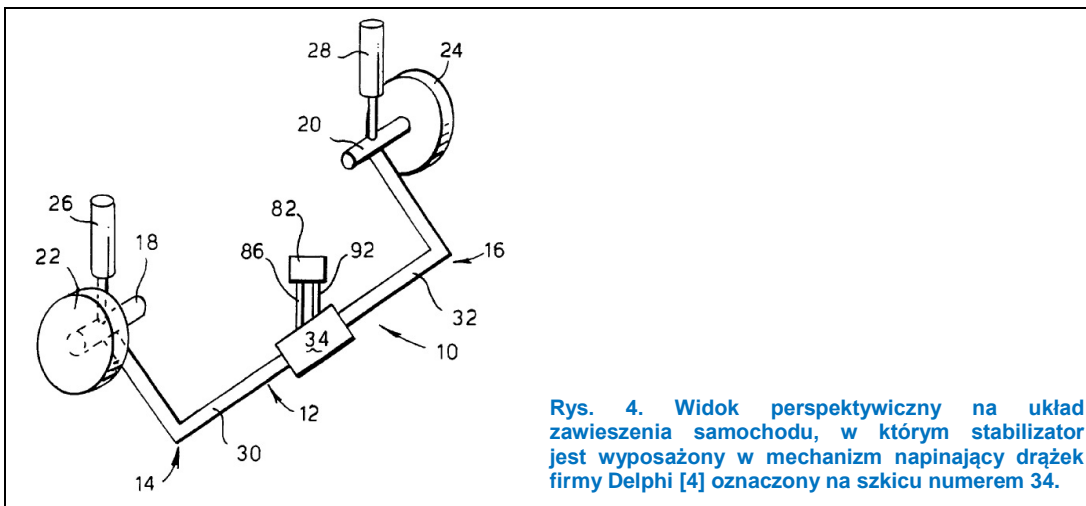
Zasada działania przedstawionej koncepcji polega na napinaniu drążka poprzez wysuwanie i wsuwanie tłoków siłowników 3 w zależności od parametrów ruchu pojazdu. Niezależne sterowanie poszczególnymi siłownikami umożliwia regulowanie siły dociskającej wybrane koło do nawierzchni jednocześnie nie wpływając na koło drugie. Jest to możliwe dzięki zmniejszonej średnicy drążka w części środkowej.



Rys. 3. Koncepcja układu napinającego drążek za pomocą dźwigni mechanicznych.

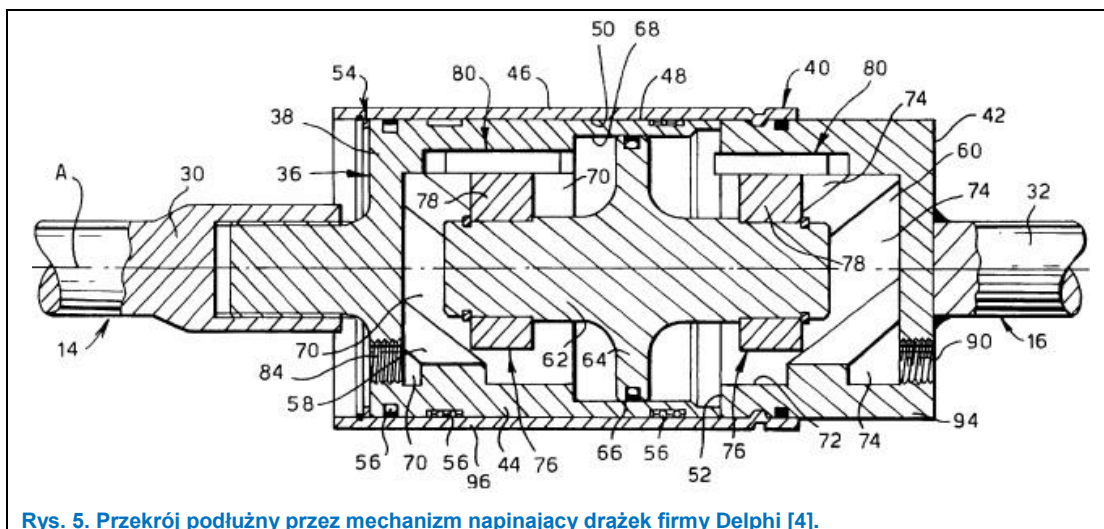
4.2 Stabilizator z mechanizmem hydrauliczno-mechanicznym napinającym drążek firmy Delphi

Przykładem takiego rozwiązania jest wynalazek firmy Delphi, który jest przedmiotem patentu nr US6318737. Drążek stabilizatora został przecięty w połowie i w miejsce usuniętego materiału zamontowany został mechanizm napinający drążek. Nie zmienia on zasady działania i w myśl klasycznego rozwiązania, nie działa gdy samochód porusza się po prostej drodze. Ugięcia kół są jednakowe dla prawej i lewej strony. Jego działanie zaczyna się w momencie, gdy samochód wjeżdża w łuk lub przemieszczenia kół danej osi są różne. Zmniejszenie pochylenia nadwozia powoduje ciecz hydrauliczna tłoczona przez pompę hydrauliczną 82 do jednej z dwóch komór mechanizmu – rysunek 4.



Rys. 4. Widok perspektywiczny na układ zawieszenia samochodu, w którym stabilizator jest wyposażony w mechanizm napinający drążek firmy Delphi [4] oznaczony na szkicu numerem 34.

Zasada działania mechanizmu polega na oddziaływaniu cieczy hydraulicznej na powierzchnię roboczą 64 wału 62 – rysunek 5. Wał posiada z obu stron po jednym przegubie trójpalczastym 78, który umieszczony jest w heliakalnych rowkach 70, 74 obudów 38 i 42. Rowki te nacięte zostały w przeciwnych kierunkach. Ciecz hydrauliczna napierając na powierzchnię roboczą powoduje obrót w rowku jednego z przegubów trójpalczastych, a zatem przemieszczenie osiowe wału zgodnie z kierunkiem tłoczonej cieczy. Z drugiej strony przegub trójpalczasty również wykonuje obrót zgodnie z kierunkiem przegubu pierwszego, jednak napotyka opór w postaci przeciwnie naciętych rowków, których reakcją jest obrót połówki stabilizatora. W ten sposób drążek jest prostowany. Siłę z jaką tłoczona jest cieć twórcy patentu proponują uzależnić od parametrów ruchu pojazdu. Zaprezentowany mechanizm łączy obudowy za pomocą tulei 40, która jest zawalcowana z częścią 42. Część 38 została zabezpieczona przed wysunięciem z tulei 40 za pomocą pierścienia rozprężnego 54 i uszczelniona pierścieniem gumowym 56. Twórcy patentu zaznaczają, że prezentowany sposób połączenia mechanizmu nie jest obligatoryjny, jednak skuteczny i zalecany.

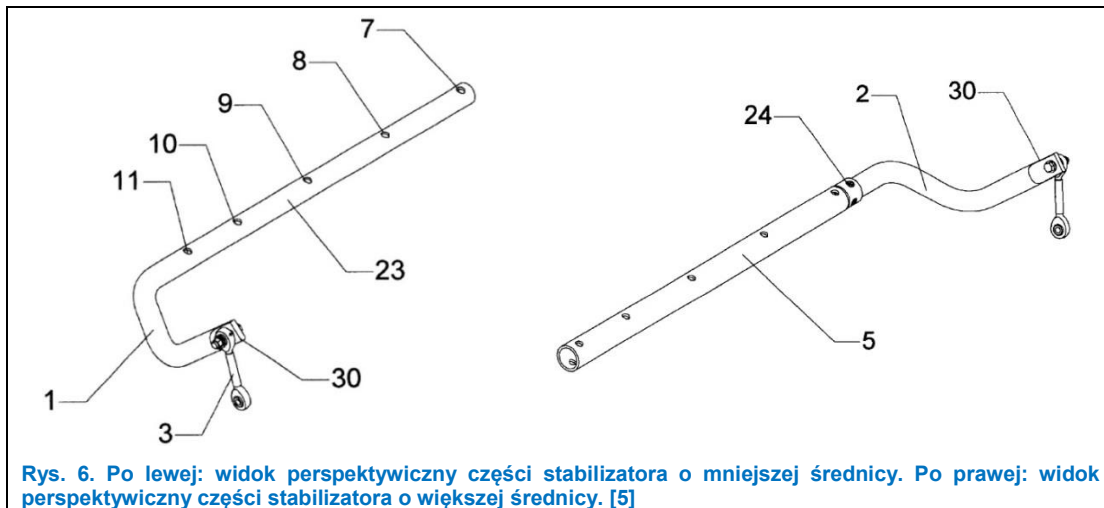


Rys. 5. Przekrój podłużny przez mechanizm napinający drążek firmy Delphi [4].

4.3 Stabilizator z mechanizmem napinającym mocowanym na dwuelementowej części środkowej firmy Peterson & Erb

Ciekawym rozwiązaniem zmiany sztywności stabilizatora jest układ mechaniczny zaprezentowany przez firmę Peterson & Erb. Wynalazek ten posiada patent o numerze US6832772. Składa się on z dwóch zasadniczych części – rysunek 6. Pierwsza z nich posiada ramię 1, które nie zostało zmodyfikowane. Ramię 1 połączone jest z częścią środkową 23, w której wykonane zostały promieniowe otwory 7, 8, 9, 10, 11. Druga część posiada ramię 2, które również nie zostało zmodyfikowane. Ramię 2 połączone jest z częścią środkową 5 za pomocą łącznika 24. Część środkowa 5 jest rurą, w której również wykonane zostały otwory odpowiadające otworom 7, 8, 9,

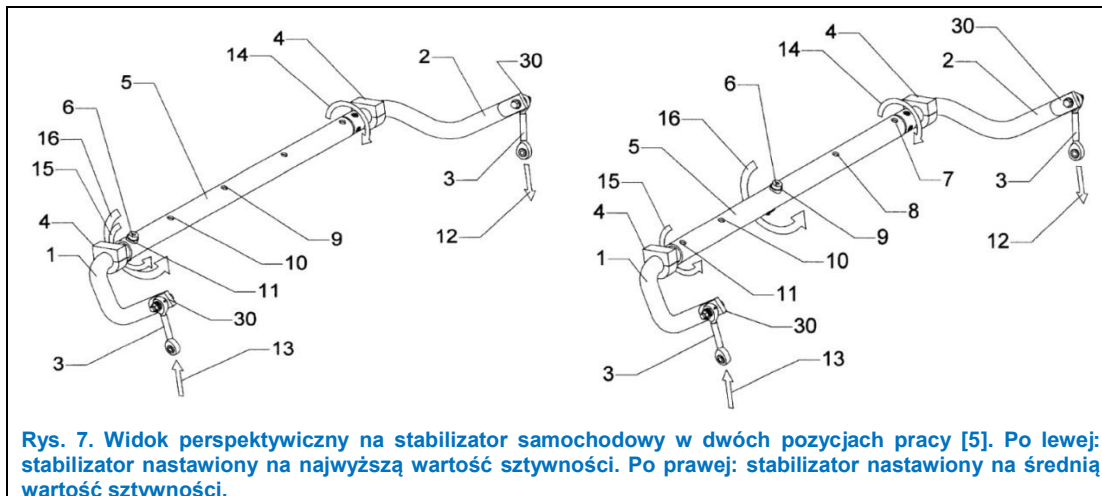
10, 11 w elemencie 23. Na pierwszą opisaną wyżej połowę stabilizatora wsuwa się drugą część i łączy za pomocą śruby 6 (rysunek 7), dwóch odpowiednio wyprofilowanych podkładek 6 i nakrętki 6 na jednym wybranym otworze 7, 8, 9, 10 lub 11. Ważne jest, aby otwory w obu połowach drążka pokrywały się po zmontowaniu, oraz aby wewnętrzna średnica części środkowej 5 i zewnętrzna średnica części środkowej 23 posiadały ten sam wymiar nominalny, na którym zastosowane zostało pasowanie luźne.



Rys. 6. Po lewej: widok perspektywiczny części stabilizatora o mniejszej średnicy. Po prawej: widok perspektywiczny części stabilizatora o większej średnicy. [5]

Rysunek 7 pokazuje stabilizator samochodowy w dwóch pozycjach pracy – średniej i najsztwniejszej. Najwyższa sztywność osiągnana jest, gdy łącznik 6 umieszczony zostanie w otworze 11. W tej sytuacji część środkowa 5, która posiada dużą średnicę, poddawana jest skręcaniu. Po umieszczeniu łącznika 6 w otworze 7 część środkowa 23, o mniejszej średnicy, poddawana jest skręcaniu i uzyskiwana jest najmniejsza sztywność drążka stabilizatora. Umieszczanie łącznika 6 w pozostałych otworach odpowiada uzyskiwaniu pośrednich stanów sztywności

Twórcy patentu zastrzegają, że część środkowa 23 może zostać wykonana jako pręt lub rura. Stabilizator przedstawiony na rysunku 7 został zainstalowany i przetestowany w samochodzie Honda S-2000. Wadą tego rozwiązania jest konieczność dostosowania sztywności stabilizatora przed rozpoczęciem eksploatacji pojazdu w wybranych warunkach, co jest czasochłonne i możliwe tylko w warunkach warsztatowych.



Rys. 7. Widok perspektywiczny na stabilizator samochodowy w dwóch pozycjach pracy [5]. Po lewej: stabilizator nastawiony na najwyższą wartość sztywności. Po prawej: stabilizator nastawiony na średnią wartość sztywności.

5. Zmiana sztywności na ramionach drążka

5.1 Skracanie lub wydłużanie ramion stabilizatora firmy Elephant Racing

Rozwiązanie przedstawione na rysunku 8, którego zasada działania jest przedmiotem patentu nr 5288101, dedykowane jest do samochodów marki Porsche, model 914. Stabilizator firmy Elephant Racing pozwala na zmianę w pewnym określonym zakresie czynnej długości ramion stabilizatora. Wymaga to wprowadzenia zmian konstrukcyjnych polegających na wykonaniu nowych, adaptacyjnych ramion drążka. Ramiona, w wykonaniu specjalnym, zamocowane są na dwóch końcach części środkowej drążka. W ramionach wykonane są podłużne rowki, w których położenie łącznika stabilizatora można ustawiać w zależności od preferencji kierującego pojazdem. Ustawienie łącznika stabilizatora w pozycji najbardziej zbliżonej do poprzeczki drążka powoduje, że stabilizator będzie najbardziej sztywny, natomiast oddalenie łącznika od drążka powoduje zmniejszenie sztywności stabilizatora. Wadą tego rozwiązania jest brak możliwości przesuwania punktu podparcia drążka w trakcie jazdy samochodu oraz czasochłonność tego procesu, ponieważ wykonać go można tylko po podniesieniu osi, na której chcemy dokonać regulacji.



Rys. 8. Stabilizator osi przedniej o regulowanym ramieniu [6].

W omawianym rozwiązaniu ramiona wykonane są jako osobne elementy o przekroju poprzecznym prostokątnym. Zastosowany materiał na ramiona jest wysokowytrzymałym stopem aluminium o oznaczeniu AA 6061-T6 [7]. Uzyskano dzięki temu obniżoną masę przy zachowaniu dużej wytrzymałości.

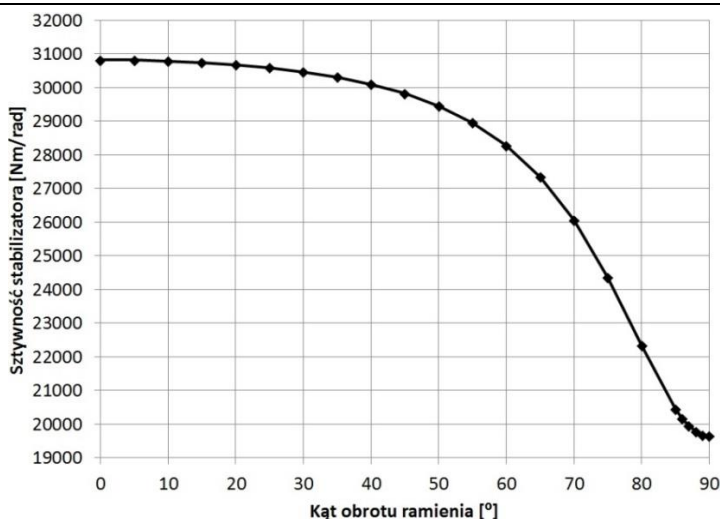
5.2 Zmiana kształtu przekroju poprzecznego ramion stabilizatora firmy Elephant Racing

Rozwiązanie to dostępne jest w sprzedaży jako uniwersalna część zamienna (bez automatyki), ale stosowana też fabrycznie w wersji sterowanej elektrycznie, w samochodach marki Porsche, model 911, 912, 930. Polega ono na zastosowaniu odpowiednio zaprojektowanego elementu – ramienia stabilizatora, który charakteryzuje się tym, że posiada zmienny wzdłuż swojej osi podłużnej przekrój poprzeczny, kształtem zbliżony do prostokąta – rysunek 9.



Rys. 9. Przedni stabilizator o regulowanym ramieniu [8].

Zasada działania jest analogiczna do przedstawionej w patencie nr FR2626819A1. Ramię od strony środkowej części drążka wyposażone jest w silnik elektryczny obracający nim w zakresie $0 - 90^\circ$. Z drugiej strony ramię zostało połączone z łącznikiem stabilizatora za pomocą przegubu kulowego. Ustawienie ramienia w położeniu, w którym przekrój zginany ma największy wskaźnik przekroju, skutkuje uzyskaniem maksymalnej sztywności. Efektem ustawienia w położeniu obróconym o 90° jest uzyskanie minimalnej sztywności (najmniejszy wskaźnik przekroju na zginanie). Dopuszczalne jest ustawienie ramienia w położeniach pośrednich. W tej sytuacji następuje zmiana kierunku wypadkowej siły pochodzącej od momentu zginającego ramię i otrzymuje się nieliniową charakterystykę zmiennej sztywności w funkcji kąta obrotu. Przykład takiej charakterystyki przedstawiony został na rysunku 10. Pochodzi on z analizy obliczeniowej przeprowadzonej w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej dla elementu o przekroju poprzecznym $40 \times 8 \text{ mm}$ i długości ramienia $274,4 \text{ mm}$.



Rys. 10. Wykres zmiany sztywności stabilizatora o zmiennym przekroju poprzecznym w trakcie obrotu o 90° od położenia pionowego do położenia poziomego [źródło własne].

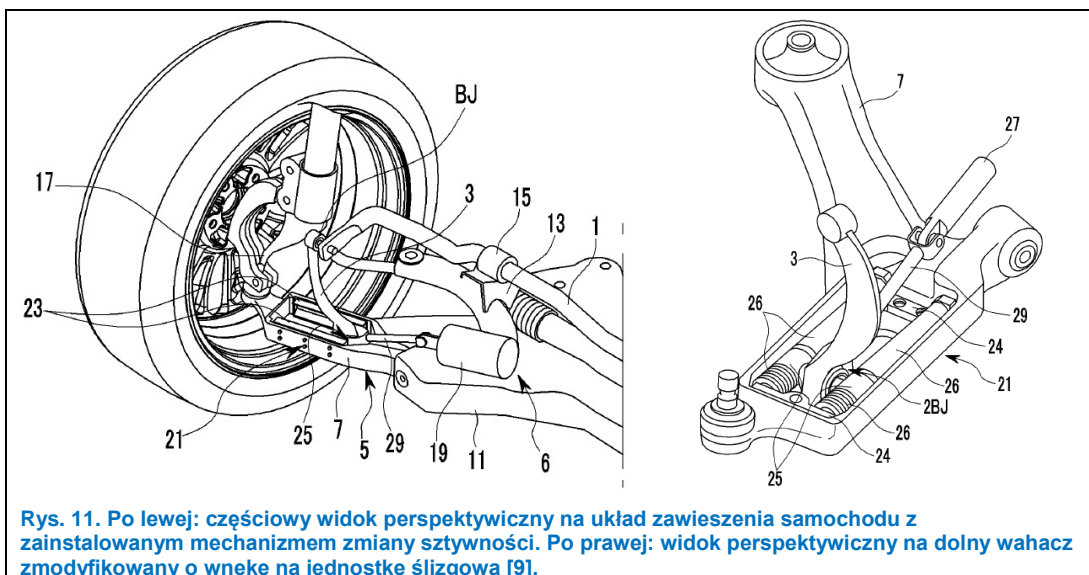
6. Zmiana sztywności w wyniku działania zmiennej wartości sił na końcach ramion drążka

6.1 Przesuwanie punktów podparcia łącznika stabilizatora współpracującego z ramieniem drążka firmy Hyundai

Przykładem takiego rozwiązania jest wynalazek firmy Hyundai (rys. 11), który jest przedmiotem patentu nr US8596647B2. Przesuwanie punktów podparcia łączników ramion drążka stabilizatora następuje na ich końcach, w miejscu mocowania do dolnego wahacza. Tak więc, drążek stabilizatora posiada nie zmienioną konstrukcję. Zmodyfikowany został wahacz, w którym

wyodrębniona została dodatkowa przestrzeń przeznaczona do zainstalowania jednostki ślizgowej 5. Ze względu na ograniczoną ilość miejsca układ wraz z jednostką napędową 6, posiada konstrukcję kompaktową – rysunek 11.

Zasada działania wynalazku polega na przesuwaniu punktu podparcia łącznika stabilizatora wzdłuż prowadnic umieszczonych w wahaczu w jednostce ślizgowej do i od koła samochodu. Zmianę punktu podparcia łącznika na wahaczu zawieszenia koła, reguluje napięcie stabilizatora, który przenosi reakcję na nadwozie pojazdu poruszającego się po łuku jezdni, zapewniając jego właściwe położenie. Za przesuwanie odpowiedzialny jest siłownik liniowy dwustronnego działania 19, który za pomocą odpowiednich łączników (27 i 29) połączony jest z obudową przesuwnych tulei 25. Tuleje 25 przemieszczają się poosiowo po dwóch symetrycznie rozmieszczonych wałkach ślizgowych 23, które zamontowane są nieruchomo we wnęce jednostki ślizgowej. Obudowa tulei przesuwnych połączona jest z łącznikiem stabilizatora za pomocą dwóch przegubów kulowych. Z drugiej strony łącznik ten posiada jeden przegub kulowy. Rozwiązanie to zapewnia przeniesienie obciążeń osiowych i momentów powstałych w łączniku stabilizatora przy zachowaniu niskich oporów tarcia na wałkach ślizgowych 23. Autorzy wynalazku zapewniają, że dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania możliwe jest zainstalowanie siłowników o mniejszej mocy, o bardziej kompaktowych wymiarach. Zabezpieczenie przed brudem zapewniają elastyczne osłony 26 zakrywające wałki ślizgowe.



Rys. 11. Po lewej: częściowy widok perspektywiczny na układ zawieszenia samochodu z zainstalowanym mechanizmem zmiany sztywności. Po prawej: widok perspektywiczny na dolny wahacz zmodyfikowany o wnękę na jednostkę ślizgową [9].

Podsumowanie

Spośród przedstawionych w artykule rozwiązań konstrukcyjnych, autorzy uważają, że koncepcję napinania drążka za pomocą dźwigni mechanicznych, opracowaną w Katedrze Pojazdów i Podstaw Budowy Maszyn Politechniki Łódzkiej, opisaną w punkcie 4,1, cechuje, jako jedyną, możliwość regulowania siły dociskającej koło do nawierzchni, jednocześnie nie wpływając na drugie koło, a także prostota konstrukcji.

Bibliografia

1. Mitschke M. Dynamika samochodu. Warszawa: WKŁ; 1977. 266.
2. Wittek A M, Richter H Ch. Stabilizer Bars: Part 1. Calculations and construction. Transport problems. 2010; 5(4): 135-43.
3. Werner J. Budowa samochodów. Konstruowanie podwozi. Warszawa: WKŁ; 1966. 477.
4. Marechal M, Dazin G. Roll control actuator (Patent no US 6318737 B1) [Internet]. Boston: Delphi Technologies. Available from: <http://www.google.ch/patents/US6318737>. 1999 Jun 4 [cited 2016 Apr 9].
5. Steven G, Conover. Vehicle center section adjustable anti-roll bar (Patent no US 6832772 B2). Peterson & Erb. Available from: <https://www.google.ch/patents/US6832772>. 2001 Okt 26 [cited 2016 Apr 9].
6. Hollow Adjustable Sway Bars For Porsche 911/912/930. Santa Clara: Elephant Racing. Available from: <http://www.elephantracing.com/suspension/swaybars/911swaybars-hollow-adjustable.htm>. [cited 2016 Apr 19].
7. Aluminum 6061-T6. Pompano Beach: ASM Aerospace Specification Metals. Available from [Internet]: <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA6061t6>. [2016 Apr 19].
8. QuickChange Blade Style Sway Bar For Porsche 914. Santa Clara: Elephant Racing. Available from [Internet]: <http://www.elephantracing.com/suspension/swaybars/914swaybars-blade-type.htm>. [cited 2016 Apr 19].
9. Lee U K, Jang S B, Yeong Py. Active roll control system (Patent no US 8596647 B2). Seoul: Hyundai Motor Company. Available from: <http://www.google.ch/patents/US8596647>. 2011 Dec 9 [cited 2016 Apr 9].
10. Mason E. Alfetta front suspension antiroll. Available from: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33148626>. 2014 Jun 2 [cited 2016 Apr 19].