

WYBÓR RODZAJU ZAWIESZENIA W PROJEKCIE SAMOCHODU TERENOWEGO

MIKOŁAJ ŻELAZNY¹, ROBERT SOWA², BARTOSZ STARZYK³,
JAN PUDEŁEK⁴

^{1,2,3,4}*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki,
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

¹*mzelazny@student.agh.edu.pl*, ²*sow@student.agh.edu.pl*,
³*starzykb@student.agh.edu.pl*, ⁴*jpudelek@student.agh.edu.pl*

SŁOWA KLUCZOWE: samochód terenowy, adaptacyjne zawieszenie, lego, mechatronika, Autodesk Fusion 360

STRESZCZENIE:

Artykuł ten ma na celu przybliżenie procesu doboru rodzaju zawieszenia w studenckim projekcie samochodu terenowego z adaptacyjnym zawieszeniem. W treści zamieszczono przegląd możliwych rozwiązań technologicznych, przedstawiono argumentację stanowiącą uzasadnienie dokonanego wyboru. Artykuł zawiera także dokumentację modelu sporządzonego na bazie klocków lego w programie Fusion 360. Skonstruowany projekt mechatroniczny spełnia swoje założenia oraz pozostawia wiele możliwości na dalsze doskonalenie.

1. Wstęp

Samochód jest niewątpliwie jednym z najbardziej znaczących wynalazków nowoczesnej techniki [1]. Pozwala on swoim użytkownikom na skrócenie czasu podróży oraz umożliwia jej samodzielne zaplanowanie. Dzięki użytkowaniu samochodu, różnego rodzaju bariery czasowe ograniczające ludzi podróżujących na inne sposoby przestają nas obowiązywać. Samochód sam w sobie może być też również źródłem szeroko pojętej rozrywki [2]. We wszystkich tych zastosowaniach konwencjonalny samochód bardzo dobrze się sprawdza, o ile tylko zostanie zapewniona odpowiednia nawierzchnia. Musi ona być równa i spójna. Występowanie w niej wszelkiego rodzaju dziur, uszkodzeń, nierówności obniża znacząco komfort jazdy, a czasem wręcz ją uniemożliwia. Adaptacyjne zawieszenie zaimplementowane do samochodu może umożliwić stworzenie pojazdu, który będzie przystosowany do jazdy w każdych, nawet najtrudniejszych warunkach. Mechanizm ten mógłby być wykorzystywany w samochodach o specjalistycznym przeznaczeniu, chociażby do jazdy terenowej, ale gdyby został wystarczająco zoptymalizowany pod kątem ceny, skomplikowania konstrukcji, czy produkcji, mógłby zostać wykorzystany do komercyjnej produkcji pojazdów, co podniosłoby w znacznym stopniu funkcjonalność wykorzystywanych przez nas środków transportu.

2. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest skonstruowanie adaptacyjnego zawieszenia na bazie klocków lego oraz zastosowanie go w samochodzie terenowym.

W rozdziale 1. dokonano wprowadzenia do przedmiotu pracy oraz ograniczeń, które realizowany projekt ma za zadanie rozwiązać.

W rozdziale 2. przedstawiono cele i zakres pracy.

W rozdziale 3. przedstawiono przegląd istniejących rozwiązań.

W rozdziale 4. przedstawiono wykonany model konstrukcyjny.

Rozdział 5. jest podsumowaniem pracy oraz przedstawia wyciągnięte wnioski.

Na końcu pracy znajduje się bibliografia.

3. Przegląd możliwych rozwiązań

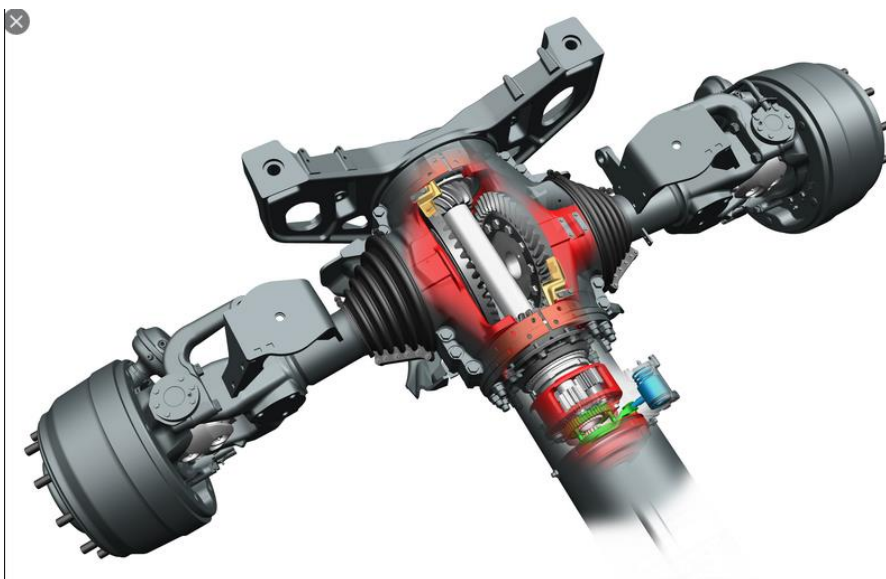
3.1 Zawieszenie typu "Tatra"

W zawieszeniu Tatry chodzi głównie o to aby każde koło mogło poruszać się niezależnie. Klasyczne zawieszenie tego typu odznacza się asymetrycznym układem osi względem siebie (Rys.1). Pozwala ono na na bardzo dużą adaptację pojedynczego koła bez wpływu na pozostałe. Półosie przemieszczają się na dwóch różnych zębatkach przez co można także łatwo sterować napędem na jedno bądź drugie koło. Układ tego typu świetnie sprawdza się w ekstremalnych warunkach terenowych - zawieszenie to zapewnia praktycznie stały kontakt z podłożem przez co jest mała szansa na utknięcie pojazdu w terenie.

Pojazdy wykorzystujące to rozwiązanie są używane w ciężkich warunkach, podczas przewożenia jednocześnie dużego ładunku, co dodatkowo zwiększa wymagania wobec tego zawieszenia i tym bardziej dobrze świadczy o jego niezawodności i zastosowanych w nim rozwiązaniach.

Wbrew pozorom tego typu konstrukcja nie jest aż tak trudna i skomplikowana jakby się mogło wydawać, w porównaniu z innymi zamieszczonymi układami w tym artykule.

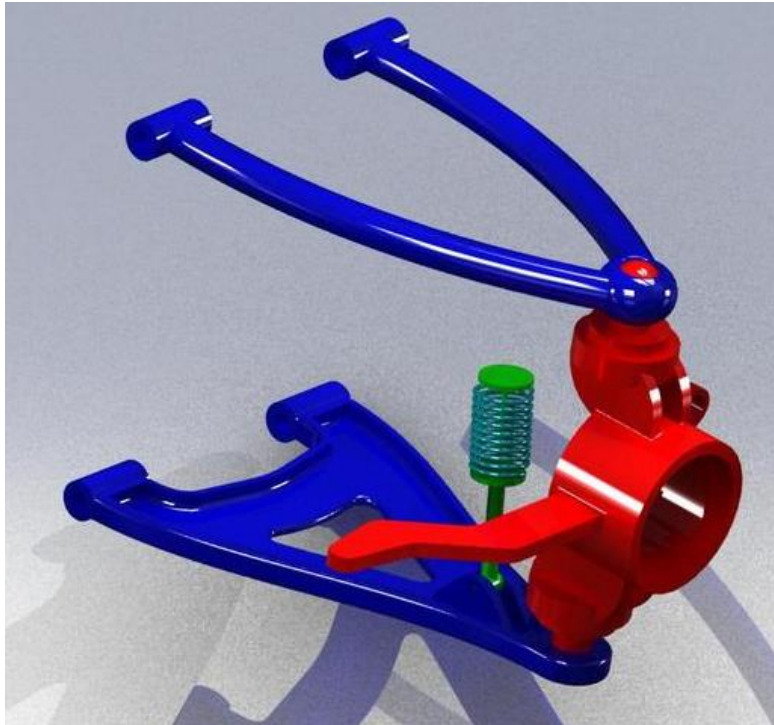
Z powodu wyżej wymienionych cech i spełniania naszych kluczowych założeń wobec projektu (adaptacja i niezależność poruszania się kół) zdecydowaliśmy się na wybór tego zawieszenia co zostało szerzej omówione w podpunkcie 4 "Model".



Rys.1. Podstawowe, asymetryczne przełożenie

3.2 Zawieszenie dwuwahaczowe

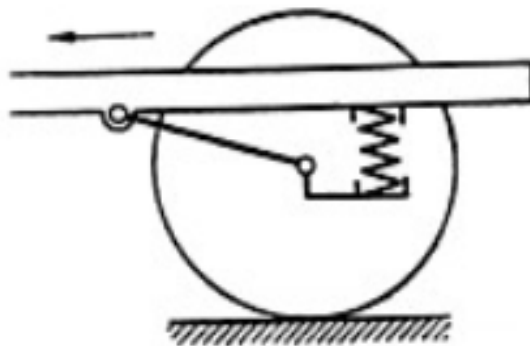
Double Wishbone - inaczej zawieszenie dwuwahaczowe - składa się z dwóch wahaczy w kształcie litery A, do których zamocowane jest koło. Celem zastosowania takiego układu jest sprawienie, że piasta koła będzie poruszała się tylko wzdłuż prostej, przechodzącej przez punkty zaczepienia piasty do wahaczy, prostopadłej do podłoża po którym porusza się pojazd. Ewentualnie piasta może wykonywać obrót wokół tej prostej, jeżeli projektowana byłaby oś skrętna. (Rys.3) [4]



Rys.3 Double wishbone

3.3 Układ wahaczy wzdłużnych

W przypadku tego rodzaju zawieszenia za zapewnienie ruchu koła w osi pionowej odpowiadają wahacze wzdłużne - sztywne elementy o nieziennej długości, które prowadząc przemieszczające się przestrzennie koło jezdne przekręcają się wokół osi prostopadłej do wzdłużnej płaszczyzny symetrii pojazdu [5](Rys.4).



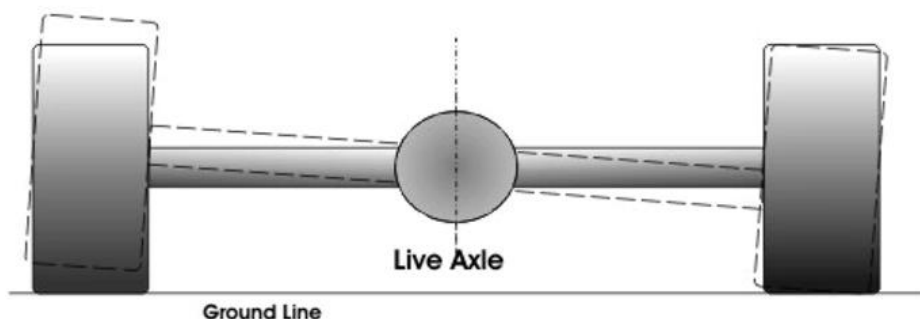
Rys. 4. Pojedynczy wahacz wzdłużny

Bardziej optymalnym rozwiązaniem od pojedynczego wahacza wzdłużnego jest skorzystanie z pary takich elementów. Taki układ umożliwia lepsze absorbowanie sił skręcających i zginających działających na koło. Nie jest to jednak często stosowany układ ze względu na skomplikowanie konstrukcji oraz jego stosunkowo wysokie koszty.

Alternatywą dla pary wahaczy wzdłużnych okazało się być rozwiązanie zwane “belką skrętną” - połączenie dwóch pojedynczych wahaczy wleczonych (na tej samej osi) sprężystą “belką”, która umożliwia skręcanie. Takie zawieszenie jest z powodzeniem wykorzystywane w samochodach osobowych. Układ ten jest stosunkowo tani w porównaniu z wyżej wymienionymi, nie wykorzystaliśmy jednak belki skrętnej w naszym projekcie ze względu na to, że w tym przypadku nie uzyskujemy pełnej niezależności kół (tzw. zawieszenie półzależne), co było jednym z bardzo ważnych założeń naszej pracy.

3.4 Oś pływająca

Budowa osi pływającej polega na tym że obydwie osie pracują zależnie od siebie. Gdy jedno z kół będzie się przemieszczać w dół, drugie musi iść w górę. (Rys.6)



Rys.5 Oś pływająca

Podany układ cechuje się wysoką prostotą budowy, bardzo dużym zakresem ruchu kół i jest często stosowany w samochodach terenowych i typowo przygotowywanych do off-roadu (Rys.7), jednak stopniowo się od niego odchodzi na rzecz innych zawieszeń niezależnych, gdyż mimo mniejszego zakresu ruchu zapewniają one większy komfort jazdy.

W naszym projekcie nie zastosowaliśmy osi pływającej, ponieważ zawieszenie miało być niezależne, a powyższe takie nie jest, poza tym wykorzystanie zawieszenia tatra umożliwia wykonanie zawieszenia w sposób aby samochód się mniej przechylał w trakcie pokonywania nierówności.

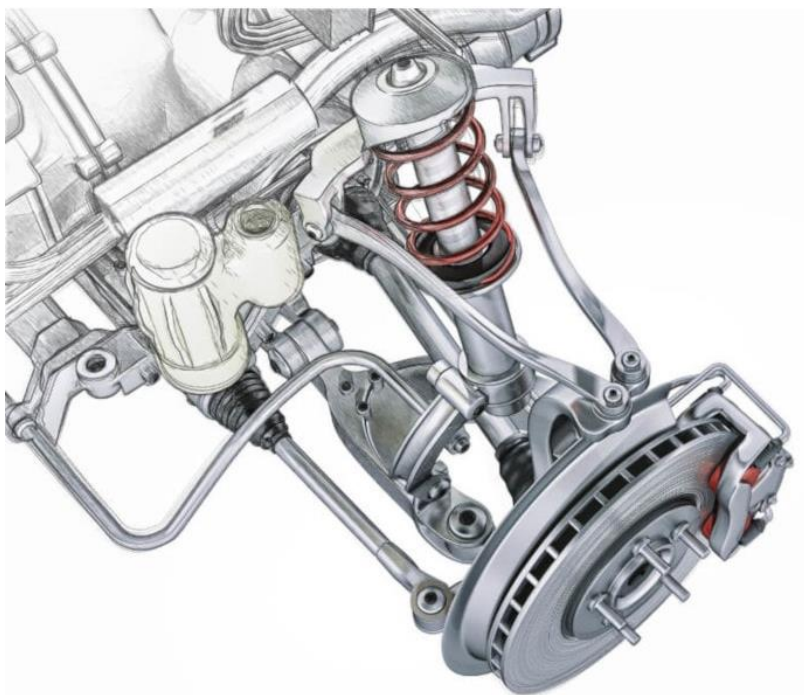


Rys.6 Oś pływająca w aucie off-roadowym

3.5 Zawieszenie wielowahaczowe

W założeniu zawieszenia wielowahaczowego zamiast jednego dowolnego wahacza stosuje się kombinację wahaczy poprzecznych, wzdlużnych i ukośnych (Rys.8). Podstawą tego zawieszenia jest wahacz wzdlużny i dwa drążki poprzeczne. Podczas obciążania pojazdu, tego typu zawieszenie wyróżnia się minimalnymi zmianami zbieżności i pochylenia kół. W praktyce wpływa to precyzyjniejsze prowadzenie samochodu, na lepszą przyczepność oraz bardzo wysoki komfort jazdy.[7]

Problematiczne w naszym projekcie może okazać się ograniczony skok kół. O ile w przypadku samochodów osobowych jego wielkość nie ma znaczenia, o tyle w samochodach uterenowionych lub terenowych lepiej sprawdza się sztywne zawieszenie. Ponadto większą wadą jest stopień skomplikowania budowy tego elementu. Zważając na powyższe wady nie zdecydowaliśmy się na umieszczenie zawieszenia wielowahaczowego w naszym projekcie.

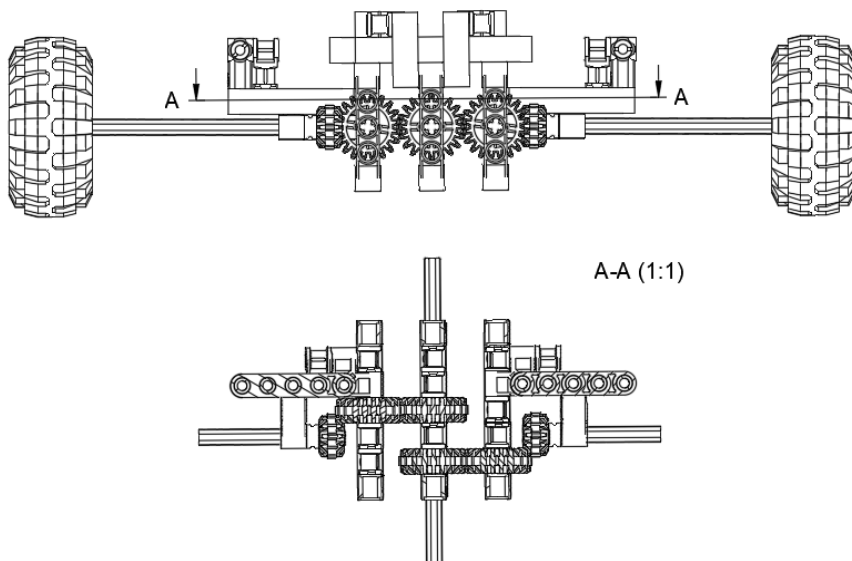


Rys.7. Projekt konstrukcji zawieszenia wielowahaczowego

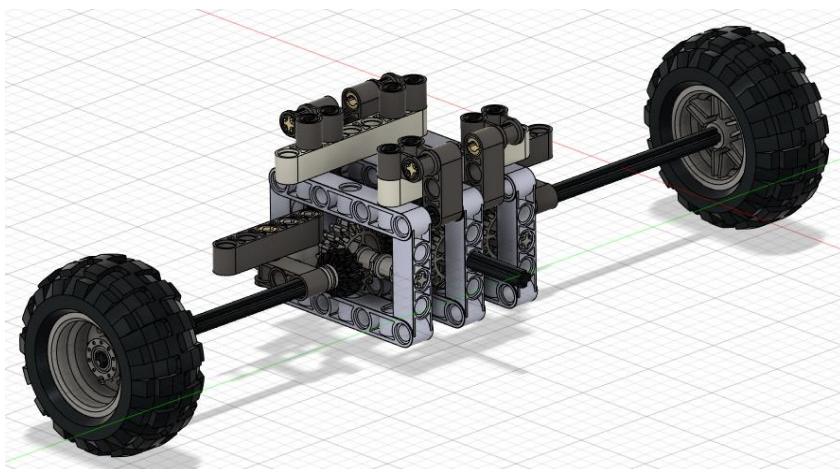
4. Model

Ostatecznie spośród wszystkich wyżej wymienionych rozwiązań decyzja padła na skorzystanie z koncepcji zawieszenia ciężarówek czeskiej firmy Tatra. Taka konstrukcja zapewnia pełną niezależność kół względem siebie, co znacząco polepsza terenowe własności pojazdu. Jest ona stosunkowo prosta w budowie, a jednocześnie daje pole do własnej inwencji i wprowadzania modyfikacji. Inne przedyskutowane układy są szeroko wykorzystywane we współczesnej motoryzacji, zawieszenie typu tatra odznacza się oryginalnością i jest rzadko spotykane, więc to rozwiązanie wydaje się być wyborem najbardziej optymalnym. Nie można było jednak zwyczajnie odwzorować znanej konstrukcji. Powodem było wcześniej wspomniane przesunięcie półośi, które w przypadku modelu o niewielkich rozmiarach mogłoby stanowić znaczący problem w działaniu pojazdu. W trakcie projektowania ramy zawieszenia znaczącym wymogiem była jej kompaktowość, aby we wnętrzu samochodu pozostało miejsce na silniki, układy elektroniczne oraz mechanizm adaptacyjny. Należało również zapewnić kołu swobodę poruszania w osi pionowej i zminimalizować ryzyko kolizji podwozia z podłożem, po którym jedzie pojazd, co jest ważne w trudnych warunkach terenowych.

Asymetryczny układ osi został rozwiązany dzięki asymetrycznemu układowi zębatek, widocznemu na poniższym przekroju (Rys.8). Rama zbudowana z trzech prostokątów o wymiarach 40mm na 56mm narzuca takie rozwiązanie, użycie trzech zębatek zamiast czterech powodowało, że napędzane koła obracały się w przeciwnych kierunkach. Rysunek 9 przedstawia wykonaną konstrukcję.



Rys. 8. Układ zębatek widoczny na przekroju na ramy



Rys. 9. Prototyp zawieszenia

5. Podsumowanie i wnioski

Po rozważeniu zalet i wad wszystkich przedstawionych rodzajów zawiesznień, wybór padł na konstrukcję typu Tatra, którą jednak należało poddać pewnym modyfikacjom.

Głównym problemem przy projektowaniu modelu było zapewnienie konstrukcji o możliwie niewielkich wymiarach jak najszerszego zakresu działania. Pożądaną cechą modelu była również symetria, zapewniająca równowagę pojazdu przy jego małym rozmiarze. Następnym wyzwaniem było zaprojektowanie osi skrętnej przy wykorzystaniu wcześniej wykonanego zawieszenia. Wszystkie zamierzone cele udało się osiągnąć.

6. Bibliografia

[1]Definicja samochodu:
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Samoch%C3%B3d>; odwiedzono w dniu 7.05.2021r.

[2]https://pl.wikipedia.org/wiki/Historia_samochodu; odwiedzono w dniu 2.06.2021r.

[3]<https://i.pinimg.com/originals/3e/ec/53/3eec53619a1aad6aae4b3583bb831df.png>; odwiedzono w dniu 7.05.2021r.

[4]<https://d2t1xqeiof9utc.cloudfront.net/screenshots/pics/07cef55b1f9d9ab45d3a163d18396614/large.JPG>; odwiedzono dnia 7.05.2021r.

[5]https://www.zssplus.pl/prace_dyplomowe/prace_dyplom/zawieszenia/praca_9_4_zawieszenia.htm odwiedzono w dniu 01.06.2021r.

[6]<https://autokult.pl/13493,uklady-wahaczy-wzdluznych-zawieszenie> odwiedzono w dniu 01.06.2021r.

[7]<https://regent24.pl/jak-dziala-wielowahacz/>; odwiedzono w dniu 1.06.2021r.

[8]<https://drivetribe.imgix.net/U4KbTiRaSKiOwUQUjAiSrg?w=742&h=633&auto=format,compress&fit=crop&crop=faces&dpr=1&q=75>

[9]<http://image.fourwheeler.com/f/223676210+w600+cr1/009-solid-vs-independent.jpg>

[10]<https://drivetribe.com/p/what-is-a-live-rear-axle-QJs72mfeQe6MyP2gnXUtw?iid=FHLra-dFSPuj8KuantX6qw>

odwiedzono w dniu 02.06.2021r.

[11]<https://40ton.net/tatra-chce-mocno-wejsc-polski-rynek-ciezarowek-specjalistycznych-czesi-moga-nam-zaoferowac/>

Odwiedzono dnia 03.06.2021r.

Stosowane oprogramowanie:

Fusion 360 - licencja studencka