



Koło Naukowe „WUT Racing”
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa,
Politechnika Warszawska
Nowowiejska 24,
00-665 Warszawa

Projekt zgłaszany w ramach Rezerwowej Puli na Projekty Naukowe 2020

Temat: Eksperyment naukowy: Badanie i walidacja sił w podzespołe zawieszenia pojazdu Formuły Student przez studentów Politechniki Warszawskiej

Celem projektu jest walidacja obliczeń numerycznych zawieszenia w pojeździe WUT-3.

Wielkości sił i naprężeń pojawiających się podczas jazdy zależą od wielu czynników. Na zdecydowaną większość nie jesteśmy w stanie mieć wpływu, dlatego też często założenia projektowe są odległe od rzeczywistości. Aby mieć szansę na poznanie ich realnych wartości należy wykonać serię testów, w których pojazd zostanie oczujnikowany tensometrami w kluczowych punktach konstrukcji. w połączeniu z obecnymi już czujnikami telemetrii (temperatura opon, przyspieszenia) będziemy w stanie lepiej zrozumieć konstrukcję i jej zachowanie co powinno przełożyć się na lepsze osiągi.

Projekt tematyką podlega pod dziedzinę dynamiki pojazdów (ang. vehicle dynamics). Jest to nauka zgłębiająca reakcję pojazdu na zadany przez kierowcę sygnał. Ma szczególne zastosowanie dla motorsportu, ale z jej osiągnięć korzystamy na co dzień przy okazji pojazdów osobowych.

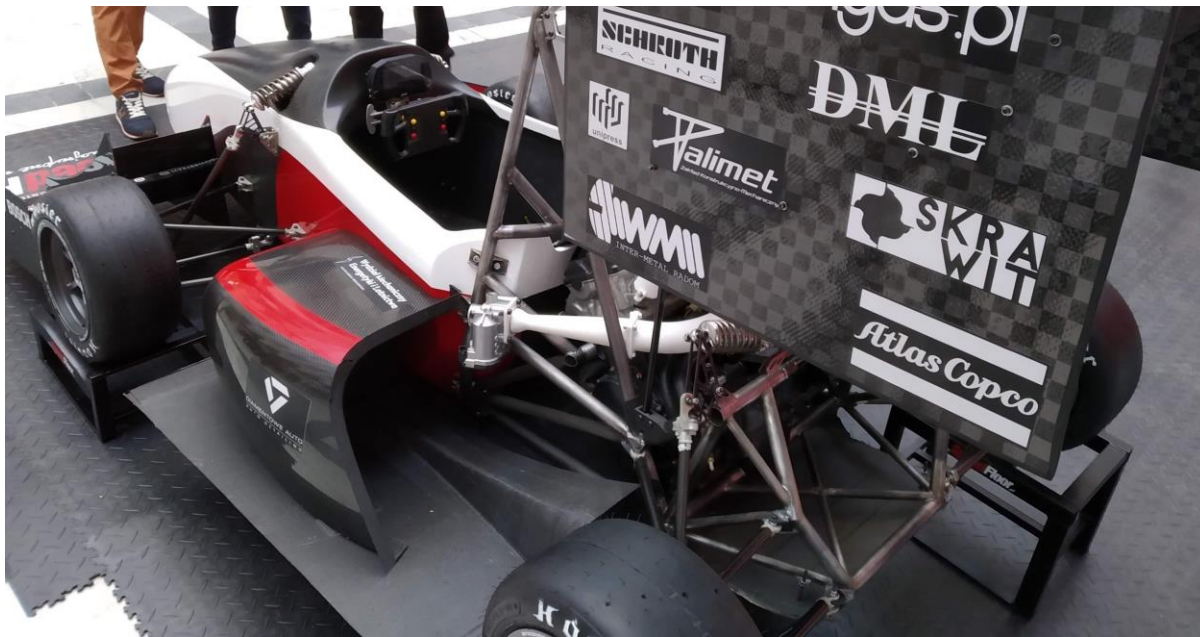
Dotychczasowe postępy prac:

Na początku projektowania pojazdu stworzono modele, dzięki którym określono przewidywane siły na poszczególnych punktach podzespołu zawieszenia. Pierwszy z nich opiera się na obliczeniach przeprowadzonych w arkuszu kalkulacyjnym wykorzystując równania dostępne w literaturze z dziedziny dynamiki pojazdów [1,2]. Drugi to model stworzony został w oparciu o dynamikę elementów wielocłonowych (ang. multi-body dynamics - MBD). Jak można zauważyć oba modele są teoretyczne i nie zakładają niedoskonałości wykonania czy też nieliniowości zachowań pomiędzy elementami. Zakładamy, że sprawdzenie sił powinno odbyć się na wahaczach, ponieważ w założeniu pracują one na rozciąganie i ściskanie, w przeciwieństwie do pozostałych elementów, gdzie występuje złożony stan naprężeń.

Następnym krokiem było stworzenie geometrii każdego z elementów zawieszenia wykorzystując oprogramowanie inżynierskie CAD oraz obliczenia wytrzymałościowe metodą elementów skończonych. Ze względu na połączenie klejone między insertem ze stopu aluminium oraz kompozytową rurką, przeprowadzono badania technologii łączenia tych dwóch struktur wykorzystując ich repliki co opisano w pracy dyplomowej członka koła. Następnie wyfrezowano finalne elementy w firmie zewnętrznej i połączono je z kompozytem wykorzystując stelaż pozycjonujący. Gotowe elementy można zobaczyć na pojeździe (zdj. poniżej).



Koło Naukowe „WUT Racing”
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa,
Politechnika Warszawska
Nowowiejska 24,
00-665 Warszawa

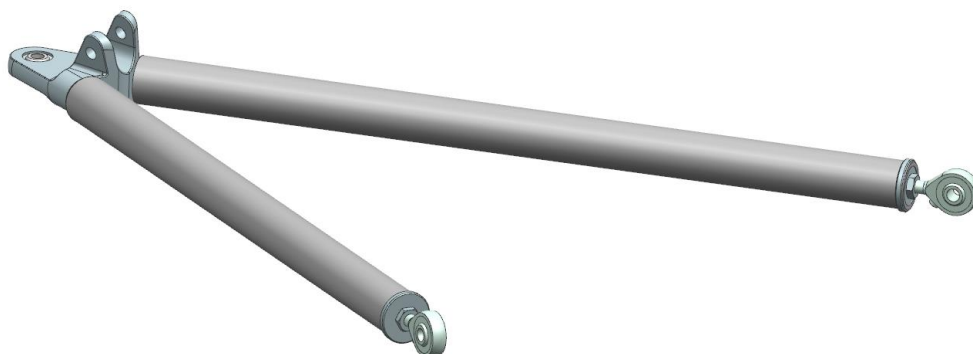


Niestety oczytnikowanie obecnego układu nie jest możliwe ponieważ wykorzystane rurki kompozytowe, zostały wyprodukowane w technologii “owijania” (ang. roll-wrapped), gdzie zewnętrzna warstwa tkanin została ułożona wokół rurki. Powoduje to zwiększenie wytrzymałości na zgniatanie, co jest optymalnym rozwiązaniem dla warstwy powierzchniowej narażonej na kontakt z drobnymi kamieniami. Jest to również powód dla którego pomiary tensometrii mogą dać niepoprawne wyniki, ponieważ warstwa zewnętrzna “nie pracuje” na rozciąganie. Stąd konieczność wykonania repliki z materiału izotropowego, którym jest stal lub aluminium

Planowane prace:

1. Wykonanie repliki elementów układu zawieszenia (wahaczy) ze stali konstrukcyjnej

Stworzony został nowy model CAD stalowych wahaczy (zdz. poniżej) na których przeprowadzone zostaną badania. Kluczową cechą konstrukcji jest zachowanie istniejących punktów mocowań co pozwala wykorzystać większość wykonanych elementów zawieszenia. Kilka podzespołów należy jednak przerobić, tak aby stalowe łączniki były wykonalne na frezarkach 3-osiowych. W tym celu wykorzystamy technologię druku 3D.





Koło Naukowe „WUT Racing”
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa,
Politechnika Warszawska
Nowowiejska 24,
00-665 Warszawa

2. Oczujnikowanie wspomnianych elementów wykorzystując tensometrię.

Na stanie koła znajduje się moduł akwizycji danych NI 6218. Posłuży on do zbierania danych z tensometrów które znajdują się na pojeździe podczas testów dynamicznych. w przyszłości planujemy również integrację z zamontowanym na pojeździe komputerem pokładowym, który wykorzystuje magistralę CAN.

3. Przeprowadzenie testów na torze

4. Analiza wyników, optymalizacja podzespołu zawieszenia względem przewidywanych sił dynamicznych.

Poziom naukowy projekt:

Celem projektu jest przeprowadzenie walidacji sił występujących w podzespole zawieszenia używając stalowej repliki obecnej konstrukcji oraz układu tensometrów mierzących jej odkształcenia. Zaprojektowany model, a fizyczne wykonanie często się różnią co przekłada się na kinematykę pojazdu co opublikowaliśmy [3]. To wraz z nieliniowością modelu rzeczywistego i wieloma czynnikami zewnętrznymi może przekładać się na różnice w wartościach sił. z gotową konstrukcją wystartujemy w zawodach konstruktorskich formuły student, gdzie oceniane jest zrozumienie pojazdu oraz dokładne jego przebadanie co powinno zaowocować w lepsze rezultaty.

Wpływ realizacji na rozwój dyscypliny naukowej:

Tematyka dynamiki pojazdów (ang. vehicle dynamics) jest dyscypliną, w której wyniki testów rzadko są publikowane ze względu na konkurencję oraz komercyjność. Nierzadko zespoły naukowe projektujące pojazdy o zupełnie innym przeznaczeniu niż wyścigowy (np. pojazdy autonomiczne, ratownicze) muszą poświęcić czas i środki na rozwój konstrukcji zawieszenia ze względu na małą dostępność testów i literatury naukowej. Chcielibyśmy przekazać nasze "know-how" w postaci studium przypadku, bądź opisu kroków projektowania podzespołu zawieszenia.

Kosztorys:

Udało nam się zbudować jeden podzespół zawieszenia, celem projektu jest stworzenie jego stalowej repliki i oczujnikowanie go wykorzystując tensometrię. Wymianie ulegają jedynie wahacze, które mogą być wykonane wykorzystując stelaż użyty do klejenia ich kompozytowych odpowiedników. w kwestii tensometrii istnieją gotowe do użycia tensometry dostępne komercyjnie, które planujemy wykorzystać.

Popularyzacja nauki:

Projekt posłuży do ulepszenia pojazdu formuły student WUT-3, którym bierzemy udział w zawodach formuły student. Poza punktami zdobytymi bezpośrednio podczas konkurencji dynamicznych, w których oceniana jest wydajność pojazdu na podstawie uzyskiwanych wyników czasowych, dzięki walidacji sił możemy liczyć na wyższe wyniki w konkurencjach statycznych, gdzie oceniana jest inżynierskie podejście do projektu.



Koło Naukowe „WUT Racing”
Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa,
Politechnika Warszawska
Nowowiejska 24,
00-665 Warszawa

Literatura:

1. Milliken, D. (2003). Race car vehicle dynamics: Problems, answers and experiments. Warrendale: SAE International.
2. Pacejka, H. (2006). Tyre and Vehicle Dynamics.
3. Ziemia, K., Tracz, J., Rządkowski, W., Kowalik, M. (2020). Validation of Key Parameters Between Real and Computer Model of Suspension System Used in FSAE Vehicle. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 14(3), 65-74. <https://doi.org/10.12913/22998624/122568>