

Praca dyplomowa inżynierska

Wyznaczenie wartości współczynnika oporu powietrza kolarza z wykorzystaniem obliczeniowej mechaniki płynów



Autor: Barbara Maria Żebrowska

Nr albumu: 268733

Promotor: prof. nzw. dr hab. inż.. Arkadiusz Moskal

Opiekun pomocniczy: mgr inż. Agata Dorosz

Rok akademicki: 2017/2018

Wprowadzenie

Każdemu z nas ze słowem „ruch” kojarzy się aktywność fizyczna. Działanie sił oporu odgrywa kluczową rolę gdy trenujemy sport na poziomie profesjonalnym. Charakter siły oporu zależy od tego w jaki sposób płyn opływa poruszające się ciało. O szybkości jazdy rowerzysty decydują takie czynniki jak biomechanika mięśni, balans ciała i jego aerodynamika. Opór aerodynamiczny jest zwykle określany ilościowo poprzez zdefiniowanie bezwymiarowego współczynnika oporu, który wiąże siłę oporu aerodynamicznego z powierzchnią frontальną rowerzysty. Zmniejszanie udziału sił oporu umożliwiłoby osiągnięcie większych prędkości podczas jazdy na rowerze. Obecne analizy nad aerodynamiką sportowców prowadzi się z wykorzystaniem metod obliczeniowej mechaniki płynów.

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest wyznaczenie wartości współczynnika oporu kolarza w zależności od pozycji jaką przyjmie podczas jazdy na rowerze i w zależności od jego prędkości. Wykorzystując narzędzia CFD (*ang. Computational Fluid Dynamics*) analizie zostały poddane trzy pozycje kolarza o różnych kątach nachylenia torsu do ramy - niska, wysoka i czasowa.

Zakres pracy obejmuje:

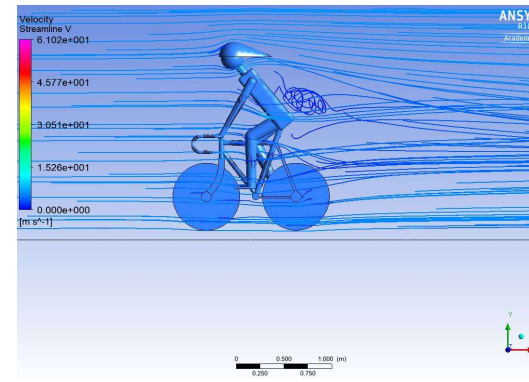
- charakterystykę najważniejszych zagadnień dotyczących oporów przepływu wokół ciała o *tępych kształtach* oraz aerodynamiki kolarza
- stworzenie tunelu aerodynamicznego i przeprowadzenie symulacji komputerowej dla każdej z badanych pozycji przy prędkościach 20, 40, 60, 80, 100 $\frac{km}{h}$
- porównanie wartości współczynnika oporu dla każdej pozycji oraz wydatku mocy potrzebnej do pokonania sił oporu powietrza
- weryfikacje wyników symulacji CFD dokonanych poprzez porównanie ich z wynikami wszystkich dotychczasowych badań

Stworzenie modelu do symulacji

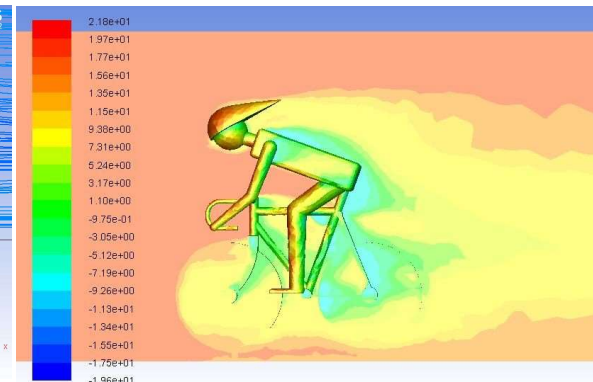
W celu odwzorowania geometrii skonstruowano model kolarza i roweru przy użyciu programu Solidworks. Podczas tworzenia człowieka wzorowano się na danych antropometrycznych poszczególnych części ciała w stosunku do wzrostu, zaś rower skonstruowano wedle norm dla roweru szosowego.

Modelowanie matematyczne

Analizę i symulację wykonano w programie Fluent firmy ANSYS. W tym celu naniesiono na każdy z modeli siatkę niestrukturalną złożoną z komórek tetraedrycznych oraz heksahedralnych. Odwzorowaną geometrię umieszczono w tunelu aerodynamicznym, gdzie zastosowano odwrócone warunki ruchu – opływ nieruchomego modelu przez płyn.



Rys.1. Rozkład linii prądu dla pozycji wysokiej (*ang. Upright*) przy prędkości 20 km/h



Rys.2. Rozkład ciśnienia całkowitego dla pozycji niskiej (*ang. Dropped*) przy prędkości 20 km/h

Rys.3. Wyniki wartości współczynnika oporu dla każdej pozycji przy różnych prędkościach jazdy

Pozycja	Wysoka	Niska	Czasowa
Prędkość [$\frac{km}{h}$]	C_d [-]		
20	0,6806	0,5925	0,5365
40	0,6742	0,5974	0,5332
60	0,6741	0,5842	0,5313
80	0,6716	0,584	0,5308
100	0,6712	0,5918	0,5294

Wnioski

Przeprowadzone symulacje potwierdziły stawianą tezę wpływu postawy kolarza na redukcję sił oporu aerodynamicznego. Poprzez analizę ilości mocy potrzebnej do pokonania oporu powietrza potwierdzono słuszność przyjęcia postawy czasowej podczas wyścigów kolarskich, która zapewnia wykonanie takiego samego wysiłku przy mniejszym nakładzie energetycznym organizmu w porównaniu do innych badanych pozycji. Badania numeryczne potwierdziły, że w przypadku opływu brył o *tępych kształtach* dominującą składową współczynnika oporu aerodynamicznego powietrza będzie współczynnik oporu kształtu.