



Model silnika odrzutowego – „Rolot”

Autor: Ernest Dwojak
Opiekun naukowy: Radosław Moskal
Szkoła: Zespół Szkół nr 3 (THM) w Ostrowcu Św.

Silnik tłokowy jest daleki od doskonałego i wielu konstruktorów próbuje znaleźć najlepszy sposób udoskonalenia go szukając coraz bardziej nietypowych rozwiązań. Niektórzy wybrali inną drogę – turbinę – urządzenie odbierające energię przepływającego powietrza i zamieniającą ją w ruch obrotowy. W porównaniu z silnikiem tłokowym, turbina jest wyjątkowo elegancka w swej prostocie, powietrze przepływając popycha łopatki, które kręcąc się napędzają wał. Idąc tym tropem konstruktorzy doszli do silnika turboodrzutowego – w którym turbina napędza sprężarkę (dzięki czemu silnik działa w pełnym cyklu – sprężanie, spalanie, praca), a uchodzące spaliny siłą odrzutu popychają silnik do przodu.

Początki były trudne, a pierwsze silniki odrzutowe pracowały niestabilnie – mimo to technologia okazała się przełomowa. Należą do nich silniki turboodrzutowe z ich odmianami, a także silniki pulsacyjne, strumieniowe i raketowe. Powszechnie jednak nazwą „odrzutowe” określa się silniki turboodrzutowe (czyli takie jakie występują w większości samolotów).

Kiedy uporano się z zawodnością i ograniczeniami jakie wynikały z niedoskonałości pierwszych silników odrzutowych wypracowano metodę znacznego zwiększenia ciągu silnika (kosztem dużej ilości paliwa).

Dopalacz to system wstrzykujący paliwo w strumień gorących spalin za turbiną. Na skutek spalania – prędkość spalin wzrasta podnosząc znacznie ciąg silnika. Rozwiązanie to jest odpowiednie do silników samolotów wojskowych, które powinny mieć niewielki rozmiar (i masę), a jednocześnie generować wysoki ciąg w czasie walki. W przeciwieństwie do silników samolotów bojowych – w lotnictwie cywilnym bardziej liczy się ciąg, który silnik może wytwarzać przez bardzo długi czas – bardziej optymalnym rozwiązaniem prowadzącym do tego jest stworzenie większego silnika.

Praca dotyczy nowego typu silnika odrzutowego wykorzystującego dodatkowe przepływy powietrza, oraz detonacyjne komory spalania. Dzięki temu rozwiązaniu silnik teoretycznie może osiągać bardzo duży ciąg, oraz wysoki współczynnik mocy do masy. Jednostki latające wyposażone w ten silnik będą mogły teoretycznie osiągać wysokie prędkości naddźwiękowe. Jeśli konstrukcje silnika przebudujemy i zastosujemy jako dysze raketową, siła ciągu rakiety wrośnie o kilka/kilkanaście procent – dzięki czemu silnik raketowy będzie mógł działać ciszej i efektywniej przy tym samym wykorzystywaniu paliwa, co umożliwi zwiększenie zasięgu silników raketowych, oraz ich miniaturyzację.

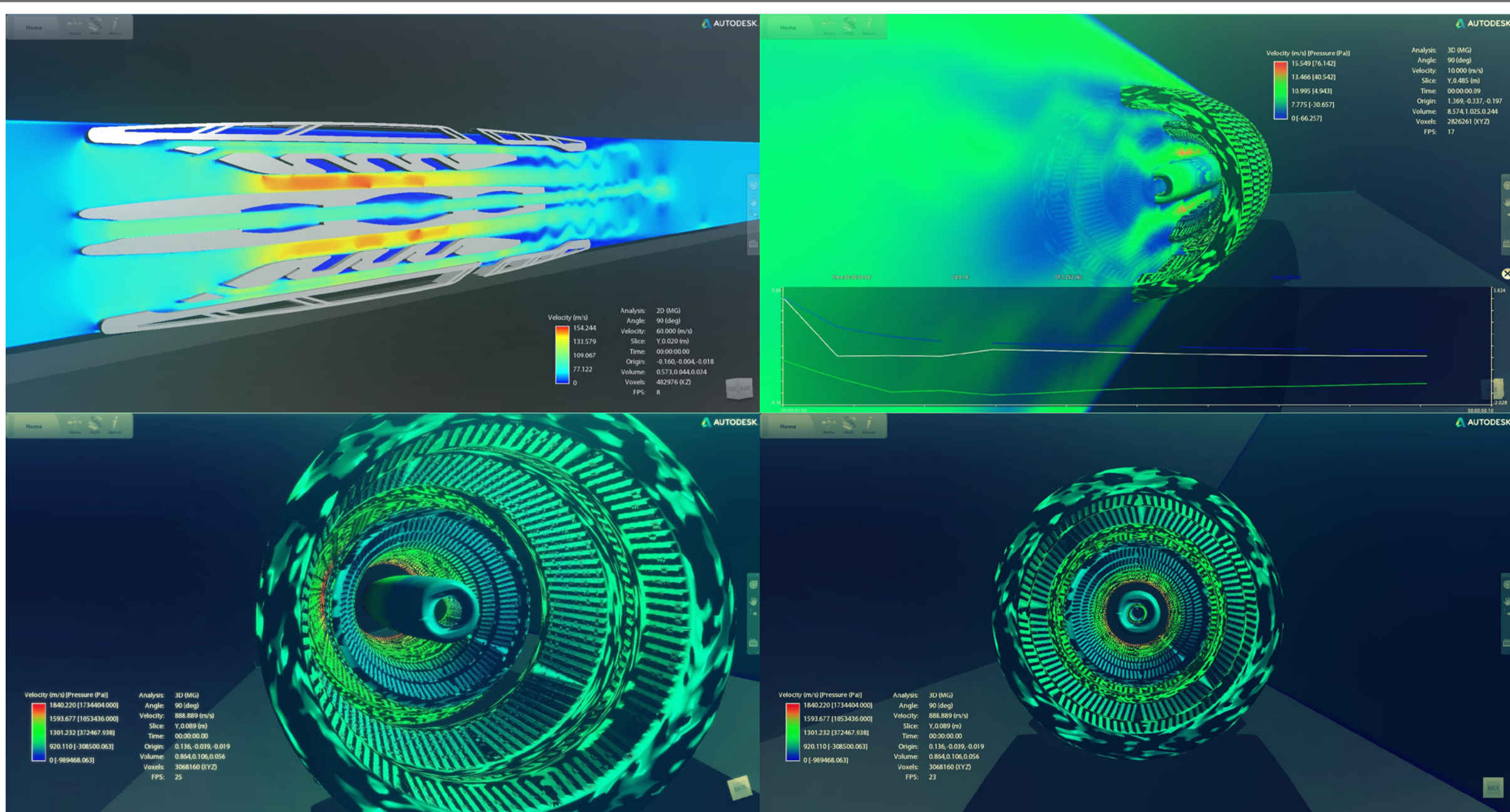
motywacja

Do przygotowania tego tematu zmotywowała mnie wewnętrzna chęć odkrywania i poznawania, którą posiadałem już od najmłodszych lat. W dzieciństwie interesowały mnie różne urządzenia oraz ich budowa i działanie. Od najmłodszych lat zarówno w szkole podstawowej jak i w gimnazjum konstruowałem różne ciekawe urządzenia oraz układy elektroniczne.

Do udziału w konkursie zachęcił mnie mój nauczyciel mgr inż. Radosław Moskal. Z jego pomocą i zachętą zrodziła się myśl skonstruowania czegoś niesamowitego i bardzo ciekawego – nowego typu silnika odrzutowego o zupełnie nowej budowie i parametrach.

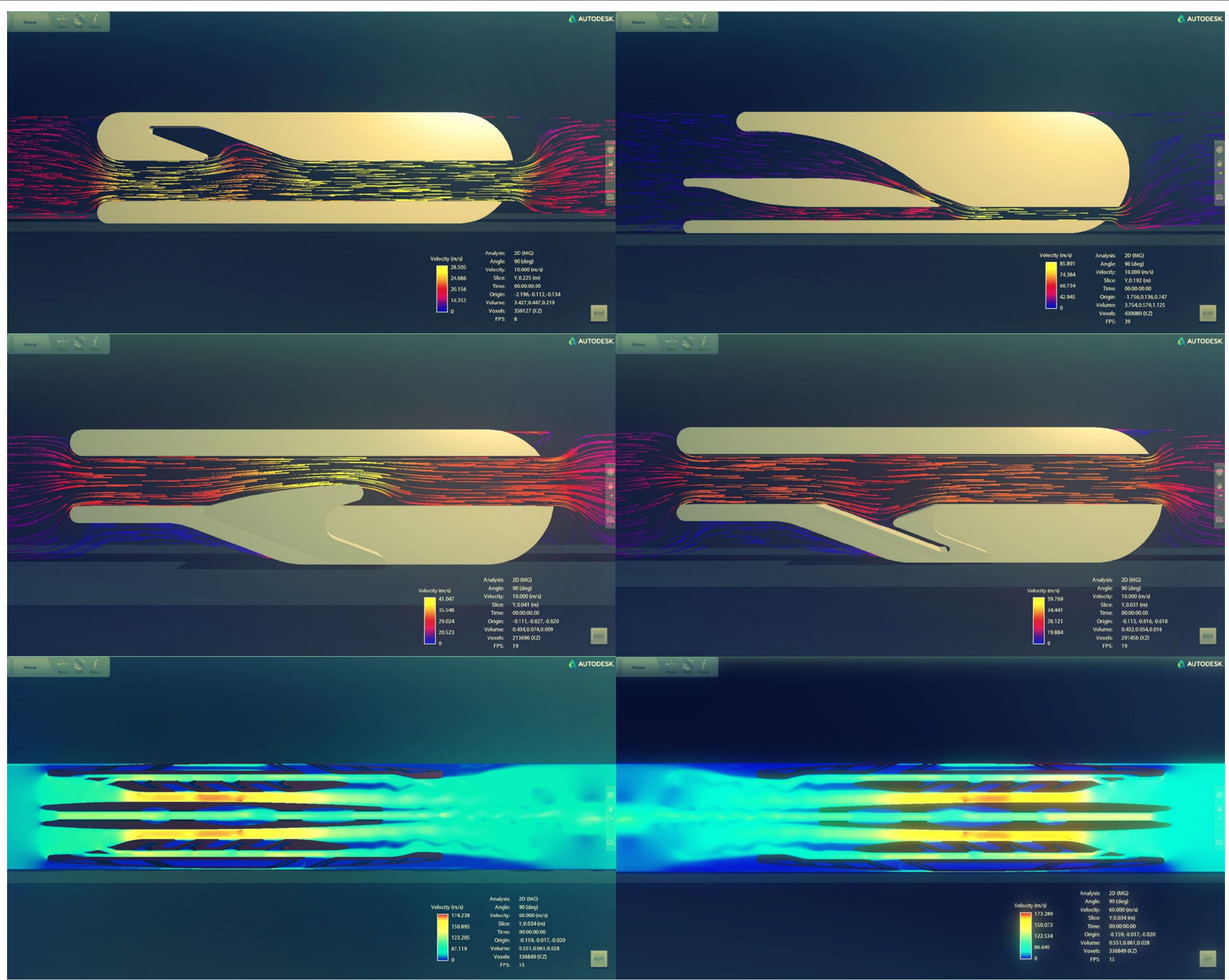
To dzięki Panu Radkowi, zacząłem z chęcią poznawać zasady rządzące światem termodynamiki oraz stopniowo rozwijać i udoskonalać swój projekt.

Podczas ostatnich kilku miesięcy intensywnie pracowałem nad swoim pomysłem, aby mieć jak największą pewność, że mój model silnika odrzutowego będzie działał w realnym świecie. W tym celu pobrałem specjalistyczne oprogramowanie symulujące ruch płynów i metodą prób i błędów szukałem jak najlepszych rozwiązań dla mojego projektu. W końcu, po kilku miesiącach pracy, sądzę, że mój pomysł jest gotowy do zaprezentowania na prestiżowym konkursie E(x)plory 2014. Jestem gotów podzielić się swoją wiedzą z innymi.



wnioski

1. Dodatkowe przepływy powietrza umożliwiają lepsze spalanie paliwa w silniku, poprawiają jego sprawność i efektywność.
2. Średnica kanału przepływowego wpływa na ilość powietrza przepływającego w jednostce czasu przez ten kanał.
3. Odpowiednie ukształtowanie komór spalania umożliwia detonacyjne spalanie mieszanki paliwowo-powietrznej, co jest nowością w silnikach turbo-odrzutowych.
4. Dzięki dodatkowym wlotom powietrza i spalaniu detonacyjnemu, silnik pracuje o wiele wydajniej, niż gdyby został wykonany jako standardowy silnik turboodrzutowy, o takich samych wymiarach i ogólnych parametrach.
5. Radiatory i ich wtłoczki umieszczone w kanałach przepływowych, umożliwiają aktywne pobieranie nadmiaru energii cieplnej, nagromadzonej w obudowie komór spalania, powstającej w wyniku wybuchowego spalania mieszanki paliwowo-powietrznej, oraz jej stopniowe rozpraszanie na zewnątrz silnika.
6. Podczas detonacyjnego spalania paliwa powstają fale uderzeniowe o prędkościach wielokrotnie przekraczających prędkość dźwięku – ponad 1000m/s, oraz bardzo duże ciśnienie i temperatura. Energia tych procesów jest kilkadziesiąt razy większa, niż w zwykłych silnikach turboodrzutowych, dlatego najlepszym rozwiązaniem jest wzorowanie się na dyszach silników raketowych, aby osiągnąć optymalny ciąg i wysoką wydajność silnika.
7. Dzięki detonacyjnemu spalaniu paliwa, mniejsza ilość produktów reakcji spalania emitowana jest do atmosfery, przez co silnik w znacznie mniejszy sposób wpływa na środowisko.
8. Po osiągnięciu prędkości naddźwiękowej powietrza na wlocie silnika, spalanie detonacyjne paliwa otrzymuje wystarczającą energię termiczną, aby proces był podtrzymywany samoistnie.
9. Kształt silnika jest bazowany na dyszy Laval, co umożliwia pracę naddźwiękową silnika, umożliwiając teoretyczne osiągnięcie wysokich prędkości naddźwiękowych przez jednostki latające wyposażone w ten silnik.
10. Interakcja między gorącymi spalinami, a chłodniejszym powietrzem powoduje powstawanie pary wodnej, co skutkuje zwiększeniem temperatury i prędkości gazów poruszających się wewnątrz silnika, dodatkowy odrzut, oraz wytłumienie dźwięków szerokopasmowych wynikających z gwałtowności zjawisk zachodzących w silniku (odgłosów silnika, wybuchów paliwa).
11. Połączenie gorącego przepływu spalin z chłodniejszymi przepływami powietrza powoduje spadek energii kinetycznej strumienia gazów wylotowych, co zapewnia mniejsze straty energii.
12. Podciśnienie u wylotu silnika, spowodowane ruchem spalin, powoduje zasysanie gazów z przedniej części silnika, oraz działa na ścianki silnika i na cały silnik określoną siłą.



opis badań

Badania zastały przeprowadzone w programie Autodesk Project Falcon. Program odzwierciedlał w formie kolorów rozkłady ciśnień i prędkości w 2 lub 3 płaszczyznach, regulację prędkości i natężenia przepływu powietrza, umożliwiając proste badanie zjawisk wynikających z oddziaływania strumienia powietrza na przekładowe obiekty (dysze, radiatory, kanały przyprływowe).

Badania polegały na symulacji 2D i 3D (2 i 3 wymiarowych) przepływów powietrza o różnych prędkościach, przez przykładowe modele dysz, przekrojów, oraz kanałów przepływowych. Zbadano w ten sposób rozkład ciśnień na poszczególnych elementach silnika i opór aerodynamiczny jaki stawiają. Przeprowadzono badania dotyczące zmiany przyspieszeń powietrza, w interakcji z różnymi typami dysz i zwężek. Testowano wiele typów przykładowych dysz oraz badano jakie ich odpowiednie przekształcenie umożliwi jak najwydajniejszą przepływowość i jak najmniejszy opór aerodynamiczny.

Badania pozwoliły stwierdzić, czy i jaki rodzaj kanałów przepływowych, dysz i przekrojów umożliwia jak najwydajniejszą pracę silnika.

Badano jaki kształt radiatorów jak najslabiej obciąża aerodynamicznie kanały przepływowe silnika oraz czy ich konstrukcja nie sprawia problemu z zamontowaniem w elementach mocujących.

Przeprowadzono badania dotyczące komory spalania, jej kształtu, zapalników paliwa, ich optymalnych wielkości i rozmieszczenia.

Testowano opory aerodynamiczne oraz przepływowość kanałów przepływowych w kontakcie z strumieniem/strumieniami powietrza pod różnymi prędkościami i kątami.

