

INSTYTUT LOTNICTWA: NA DRODZE DO KOMERCJALIZACJI POLSKIEGO SILNIKA DEORBITACYJNEGO [ANALIZA]

- W ramach CleanSat Instytut Lotnictwa uczestniczył w projektowaniu silnika deorbitacyjnego dla satelitów na zlecenie ESA
- Dla silnika deorbitacyjnego konieczne jest wypracowanie stałego materiału pędnygo pozbawionego aluminium (inicjatywa ASPro)
- Silnik deorbitacyjny i jego materiał pędny muszą być w stanie przetrwać wiele lat na orbicie
- Pracownicy ILOTu pracują też nad ekologicznym ciekłym materiałem pędny dla zastosowań kosmicznych (HPGP)
- ILOT prowadzi dalsze prace nad raketami i angażuje się w opiniowanie tworzonego przez PAK Krajowego Programu Kosmicznego

Warszawski Instytut Lotnictwa z sukcesami rywalizuje z europejskimi instytucjami w walce o realizację nowatorskich projektów dla ESA. Zatrudnieni w nim badacze koncentrują swoje wysiłki przede wszystkim na technologiach raketowych, napędach dla satelitów oraz poszukiwaniach innowacyjnych materiałów pędnych. Kompletny, realizowany całkowicie przez krajowe podmioty, system deorbitacji satelitów ma szansę osiągnąć komercyjny sukces, stając się zaawansowanym polskim towarem eksportowym.

Wśród projektów realizowanych w ostatnim czasie przez Instytut Lotnictwa (ILOT) warto zwrócić uwagę na inicjatywę *CleanSat: Technology assessment and Concurrent engineering in suport of LEO platform evolutions*. Było to szerokie studium technologii tzw. „czystego kosmosu”, w ramach którego ILOT prowadził analizę jednego z tematów. Chodziło o wypracowanie szczegółowych wymagań oraz wstępnej koncepcji silnika służącego do deorbitowania satelitów, których eksploatacja została zakończona. Ma to na celu eliminowanie z orbity, w szczególności z niskiej orbity okołoziemskiej (LEO), kosmicznych śmieci. Kwestia jest o tyle istotna, że poza wytycznymi i normami w życie wchodzi przepisy prawa nakazujące, by satelity na LEO były deorbitowane i spalały się w ziemskiej atmosferze w okresie 25 lat po zakończeniu swojej misji.

Przy realizacji tego kontraktu dla ESA pracownicy ILOTu musieli określić kluczowe wymagania dla satelitarnego napędu deorbitacyjnego oraz opracować ścieżkę, która ma prowadzić do opracowania pożądanego systemu. Instytut Lotnictwa realizował ten projekt wraz z firmą Bowman Dynamics.

Nowe wyzwania - nowy materiał pędny

Praca koncepcyjna przy silniku deorbitacyjnym w ramach inicjatywy CleanSat dobitnie pokazała, że niezbędne jest wypracowanie zupełnie nowych rozwiązań, m.in. materiału pędnygo dla silników raketowych dedykowanych deorbitowaniu satelitów.

Wobec powyższego narodził się projekt ESA *Pre-Qualification of Aluminium-Free Solid Propellant (ASPro - Wstępna kwalifikacja stałego materiału pędnego niezawierającego aluminium)*, w które to przedsięwzięcie również zaangażowali się pracownicy Centrum Technologii Kosmicznych ILOTu. Projekt ten realizowany jest przez Zakład Technologii Kosmicznych Instytutu Lotnictwa wraz z MESKO S.A., Instytutem Przemysłu Organicznego oraz Zakładem Produkcji Specjalnej Gamrat Sp. z o.o.

Nowy stały materiał pędny powinien być przede wszystkim pozbawiony zawartości aluminium, ale oprócz tego musi on także spełniać inne istotne wymagania, chociażby w zakresie optymalnych osiągnięć silnika, który będzie ten materiał wykorzystywał. Dlaczego tak istotne jest wyeliminowanie aluminium ze składu materiału pędnego?

Po pierwsze, będące efektem spalania glinu cząsteczki tlenku aluminium powodują erozję paneli fotowoltaicznych satelitów zmniejszając w efekcie wydajność tych ogniw. Po drugie, w końcowym etapie spalania materiału pędnego przez silnik raketowy w przestrzeni kosmicznej wydostają się stałe drobinki. Te niewielkich frakcji odpady, pozostając na niskiej orbicie okołoziemskiej, gdzie pędzą ze znacznymi prędkościami, stanowią jako kosmiczne śmieci istotne zagrożenie dla czynnych satelitów. Nabiera to szczególnego znaczenia w przypadku silnika deorbitacyjnego. Kończący swoją misję satelita używa go bowiem do zejścia, np. z orbity o wysokości 800 km w niskie, gęste warstwy atmosfery planety, gdzie satelita ów ma spłonąć. Manewr ten rozpoczynałby się właśnie od użycia silnika i w konsekwencji pozostawiałby potencjalnie niebezpieczną chmurę cząstek na drodze innych satelitów.

Wykorzystanie silnika do deorbitacji niepotrzebnego już satelity pozwala przeprowadzić ten proces bardzo szybko - wystarcza na to niecała połowa okresu finalnej orbity. Tego rodzaju operacja wymaga zastosowania napędu chemicznego. Do powolnej i stopniowej deorbitacji, która ziszczy się dopiero po wielu okrążeniach planety można natomiast wykorzystywać napędy elektryczne (np. jonowe) bądź też metody pasywne - np. w postaci żagla deorbitacyjnego. Powolne sprowadzanie satelity w gęstą atmosferę wymusza natomiast długotrwałą ścisłą kontrolę jego trajektorii celem uniknięcia kolizji z innymi obiektami na orbicie.

W przeciwieństwie do środków pasywnych chemiczny silnik deorbitacyjny na paliwo stałe pozwala doprowadzić do spalenia satelity w atmosferze w warunkach kontrolowanych. Jest to szczególnie istotne w przypadku obiektów większych, czy bardziej złożonych, gdzie nie wszystkie elementy spłoną i część z nich spadnie na powierzchnię planety. Manewr deorbitacji winno się wówczas przeprowadzić w taki sposób, by kosmiczne resztki spadły na obszary niezamieszkałe. Zgodnie z międzynarodowymi wytycznymi, ryzyko strat ludzkich musi być mniejsze niż 1/10 000.

Długi okres przydatności do użycia

Silnik deorbitacyjny wypełni swoje zadanie dopiero na koniec trwającej kilka lub kilkanaście lat misji satelity. Przedmiotem szczególnej troski jego konstruktorów jest więc to, by ów system napędowy był w stanie w dobrej kondycji oczekiwać na swoje wejście do akcji w surowych warunkach kosmicznej próżni.

W większości zastosowań silniki na stały materiał pędny były używane na początku misji, zwykle w ostatnim stopniu który wprowadzał ładunek na finalną orbitę. Faktycznie, przechowywanie materiału pędnego przez wiele lat na orbicie wpływa na warunki i wymagania i to też badamy. (...) To jeden z warunków wymiarujących, że przez cały czas

trwania misji materiał pędny nie może się nadmiernie zdegradować, a sam silnik musi być na tyle niezawodny, by na koniec misji gwarantował deorbitację bez żadnego problemu.

Paweł Nowakowski, inżynier w Zakładzie Technologii Kosmicznych, kierownik projektu ASPro

Celem zapewnienia długowieczności napędów deorbitacyjnych gruntownie sprawdza się je pod tym kątem na Ziemi w warunkach laboratoryjnych. Podczas testów na silniki te oddziałuje się również symulowanym promieniowaniem kosmicznym.

Czas na ekologiczne paliwo ciekłe

Pracownicy Zakładu Technologii Kosmicznych Instytutu Lotnictwa biorą również udział w projekcie ESA HPGP (*Assessment of High Performance Green Propellants*) – ocena wysoko wydajnych ekologicznych materiałów pędnych. Chodzi tu o ciekłe materiały pędne ogólnego zastosowania.

Dotychczas często stosowane w warunkach kosmicznych materiały pędne – takie jak np. hydrazyna – są niezwykle toksyczne. Przygotowujący misję personel musi obchodzić się z nimi ze szczególną ostrożnością, a jakikolwiek wyciek takiego materiału grozi mniejszą lub większą ekologiczną katastrofą.

Inicjatywa HPGP ma zatem na celu wynalezienie wysoce wydajnych, ale także bezpiecznych i przyjaznych środowisku materiałów pędnych dla satelitów.

Stworzenie odpowiedniego materiału pędnego jest zadaniem na 10 lub nawet więcej lat. Będzie to materiał jedno lub dwuskładnikowy. Opracowujący go naukowcy starają się stworzyć jego koncepcję zupełnie od podstaw. Docelowy produkt musi cechować się bardzo dobrymi osiąganiami.

Jednym z takich materiałów jest nadtlenuk wodoru o wysokim stężeniu, z powodzeniem wykorzystany w innowacyjnej polskiej rakiecie ILR-33 „Bursztyn”, skonstruowanej w Instytucie Lotnictwa. Wysokie stężenie H_2O_2 powoduje, że ciecz taką dobrze się przechowuje, ponieważ zawiera ona mało zanieczyszczeń.

ILOT a otoczenie zewnętrzne

Prace nad budową nowatorskiej rakiety suborbitalnej trwają w Trójmiejskiej firmie SpaceForest. Pracownicy Instytutu Lotnictwa są w kontakcie z przedsiębiorstwem, choć obecnie nie realizują wspólnie żadnego projektu. Łączą ich natomiast wspólne cele w zakresie rozwoju technologii raketowych w Polsce.

Pytani przez Space24.pl inżynierowie z Zakładu Technologii Kosmicznych ILOT nie chcieli zdradzić, czy technologiami raketowymi, nad którymi pracują, interesują się szczególnie Siły Zbrojne RP. Odparli jedynie, że powszechnie wiadomy jest fakt, iż niektóre z technologii kosmicznych zaliczają się do tzw. *dual-use*, czyli mają zastosowanie zarówno cywilne jak i militarne.

Instytut Lotnictwa współpracował już z wojskiem przy okazji testowego lotu rakiety „Bursztyn” w październiku ub. r. na poligonie w Drawsku Pomorskim. Pojazd wzniósł się wtedy tylko na 15 km, choć bez problemu mógł osiągnąć znacznie wyższy pułap. Taki warunek postawili jednak wojskowi, gdyż przy locie do 15 km nie było ryzyka, że jakieś elementy rakiety upadną poza poligonem.

Zespół Zakładu Technologii Kosmicznych ILOT bierze czynny udział w opiniowaniu projektu

Krajowego Programu Kosmicznego będącego dokumentem wykonawczym Polskiej Strategii Kosmicznej. W pracy nad dokumentem szczególną uwagę ILOT poświęcił ujęciu technologii raketowych.

Należy docenić spory wysiłek PAK przy tworzeniu tego dokumentu. Swoje uwagi do niego oczywiście przekazaliśmy. Prowadzimy stały dialog z Agencją. Niemniej, z KPK nie wynika jednoznacznie, jaka będzie pozycja technologii raketowych. Nie ma też dokładnego budżetu, więc jest trochę niewiadomych. Nasze komentarze dotyczyły głównie sprecyzowania roli i wizji programów raketowych.

Adam Okniński, kierownik Zakładu Technologii Kosmicznych ILOT

W stronę polskiego produktu komercyjnego

Prace kontynuowane w Instytucie Lotnictwa jeśli chodzi o rozwój napędów do deorbitowania satelitów przebiegają według następujących etapów:

1. Rozwój koncepcji silnika;
2. Rozwój materiału pędnego;
3. Rozwój samego silnika deorbitacyjnego.

Docelowy plan zakłada uzyskanie w pełni polskiego kompletnego produktu – silnika deorbitacyjnego z optymalnym, stałym materiałem pędym pozbawionym aluminium. Jak podkreślili Okniński i Nowakowski, w całym przedsięwzięciu nie chodzi jedynie o rozwój technologii i wypracowanie innowacyjnego rozwiązania. Wdrażane projekty mają bowiem w dłuższej perspektywie doprowadzić do stworzenia kompletnego, zbudowanego przez wyłącznie polskie podmioty, rozwiązania, które załata jedną z luk technologicznych, wytypowaną przez Europejską Agencję Kosmiczną.

Krajowy silnik deorbitacyjny ma szansę osiągnąć komercyjny sukces na europejskim, a może nawet światowym rynku. Rozwiązanie dotyczy przy tym kwestii na tyle nowej i mało rozpoznanej, że przystępując do stworzenia właściwej konstrukcji polskie instytucje badawcze i przedsiębiorstwa startują z tego samego pułapu technologicznego zaawansowania co ich rywale z krajów zachodnich o większych tradycjach w zakresie eksploracji kosmosu.