

EFEKTY PROGRAMU ESA PLIIS #2 - GRACE I POLSKI EKONAPĘD SATELITARNY [MINISERIA]

GRACE to akronim nazwy projektu rozwojowego z lat 2015-2018, realizowanego głównie przez polskie podmioty na zamówienie Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w ramach inicjatywy Polish Industry Incentive Scheme. Jego pełna nazwa (GREEN bi-propellant apogee rocket engine for future spacecraft) zwraca uwagę na ambitne założenie opracowania raketowego silnika satelitarnego na ekologiczny materiał pędny, mogący zastąpić toksyczną, żrącą oraz trudną w składowaniu i obsłudze hydrazynę. O pomyślnym rezultacie prac w projekcie GRACE przypominała niedawno Europejska Agencja Kosmiczna [w komunikacie z lutego 2021 roku](#), zwracając uwagę na osiągnięty w Polsce poziom "doskonałości technicznej w obszarze napędów raketowych".

W stronę polskiego satelitarnego układu napędowego

Projekt GRACE - przyjęty przez Europejską Agencję Kosmiczną do realizacji w ramach platformy programowej Polish Industry Incentive Scheme - zawiązał się pod kierunkiem Sieci Badawczej Łukasiewicz-Instytutu Lotnictwa (Łukasiewicz - ILOT) we współpracy z licznymi partnerami przemysłowymi (głównie z Polski): firmami Jakusz, WB Electronics i Thales Alenia Space UK. Od początku podstawowym zamysłem było wypracowanie technologii ekologicznego silnika raketowego typu LAE (Liquid Apogee Engine) - napędu na ciekły materiał pędny, umożliwiającego satelitom samodzielny transfer na orbitę geostacjonarną (GEO) z orbity, na którą są wynoszone przez rakiety nośne.

Dotychczas silniki satelitarne typu LAE opierano przede wszystkim na działaniu hipergolicznych (samozapłonowych) materiałów pędnych: głównie pochodnych hydrazyny (stosowanej z tetratlenkiem diazotu jako utleniaczem), będących substancjami silnie toksycznymi i żrącymi, a przez to trudnymi i ryzykownymi w obsłudze oraz składowaniu. Korzystanie z tych materiałów może być jednak już niebawem zakazane na rynku europejskim, w związku z oczekiwaną aktualizacją unijnych regulacji o warunkach dopuszczenia substancji chemicznych do ogólnego obrotu w Europie (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals - REACH).

Czytaj też: [Instytut Lotnictwa na drodze do hybrydowego silnika dedykowanego transferom orbitalnym \[WIDEO\]](#)

W obawie zatem przed możliwym przerwaniem łańcucha dostaw ważnego komponentu misji satelitarnych, ESA wraz z europejskim przemysłem kosmicznym od lat intensywnie poszukują rozwiązań w zakresie ekologicznych materiałów pędnych o odpowiednio wysokiej wartości energetycznej i możliwości długiego przechowywania w kosmosie. Oprócz korzyści związanych z samym wyeliminowaniem szkodliwości środowiskowej, zaletą takich substancji będzie dodatkowo samoistne obniżenie kosztów przygotowania satelitów do startu. Taki bowiem skutek będzie miało

usunięcie restrykcji i potrzeb związanych z utrzymywaniem infrastruktury ochronnej oraz zabezpieczenia personelu, tak koniecznych w przypadku obsługi hydrazyny i jej pochodnych. Nie mniej istotną korzyścią ma być też skrócenie czasu potrzebnego do przeprowadzenia pełnego cyklu tankowania materiału pędnego.

GRACE [...] to silnik dla dużego satelity telekomunikacyjnego pracującego na orbicie geostacjonarnej - o ciągu na poziomie ponad 400 niutonów w próżni. Taki silnik ma umożliwić przeniesienie satelitów z orbity, na którą zostały wyniesione rakieta, na docelową orbitę (geostacjonarną). To konstrukcja rozwinięta do pewnego poziomu w projekcie GRACE, a obecnie trwają prace w ramach jego kontynuacji, czyli GRACE2.

Dr inż. Adam Okniński, kierownik Zakładu Technologii Kosmicznych w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytucie Lotnictwa

Jednym z takich perspektywicznych rozwiązań - i zarazem punktem technicznego zakotwiczenia polskiego projektu GRACE - jest nadtlenuk wodoru o najwyższej klasie stężenia. Substancja ta może być bezpiecznie stosowana w długoterminowych misjach na orbicie, a przy odpowiednio dobranym paliwie, silnik ma osiągi odpowiadające obecnie stosowanym układom wykorzystującym toksyczne materiały pędne. Co więcej, pod kątem osiągnięć z zadanej objętości materiałów pędnych wskazuje się, że może je nawet znacznie pod tym względem przewyższać. Nie jest zatem zaskoczeniem, że nadtlenuk wodoru jest rozważany jako jeden z głównych kandydatów do zastosowania w nowych układach napędów satelitarnych.

Taki właśnie kierunek obrano w ramach projektu GRACE, opracowując technologię zastosowania stężonego nadtlenuku wodoru jako utleniacza w silniku raketowym na ciekły materiał pędny. Rozważano tutaj różne kombinacje, uznając finalnie za najskuteczniejszą tę dwuskładnikową - wykorzystującą obok nadtlenuku wodoru (rozbijanego na tlen i parę wodną za pomocą katalizatora) - także substancję TMPDA (N,N,N',N'-tetrametylo-1,3-diaminopropan).

Czytaj też: [Kosmos i tarcza. Rakiety dla polskiej obronności \[RELACJA\]](#)

Technologia otrzymywania nadtlenuku wodoru o najwyższej klasie stężenia i czystości (HTP) została rozwinięta przez zespół z Zakładu Technologii Kosmicznych w Łukasiewicz-Instytucie Lotnictwa, po czym rozwiązanie opatentowano i skomercjalizowano. Ta polska technologia jest obecnie zabezpieczona patentami w ponad 20 państwach na świecie.

Łukasiewicz-ILOT nadzorował przebieg projektu od strony administracyjnej, projektowej i testowej. Spółka Jakusz zapewniła z kolei składniki materiału pędnego (przede wszystkim HTP) do testów, podczas gdy WB Electronics (reprezentowane przez firmę Flytronic) zapewniło obróbkę i dostawę większości podzespołów układu testowego silnika. Uczestniczący również w projekcie oddział Thales Alenia Space z Wielkiej Brytanii wniósł natomiast wzorzec wymagań technicznych oraz wytyczne dotyczące projektowania i testowania - dostarczając także koncepcję układu silnikowego napędzanego naftą lotniczą, zdolnego do wygenerowania 500 N ciągu, jako punktu odniesienia przy budowie demonstratora GRACE. Równolegle, Thales Alenia Space UK dostarczył zestawienie

rozwiązań technologicznych, stosowanych w istniejących silnikach LAE.

Rezultaty i ich znaczenie

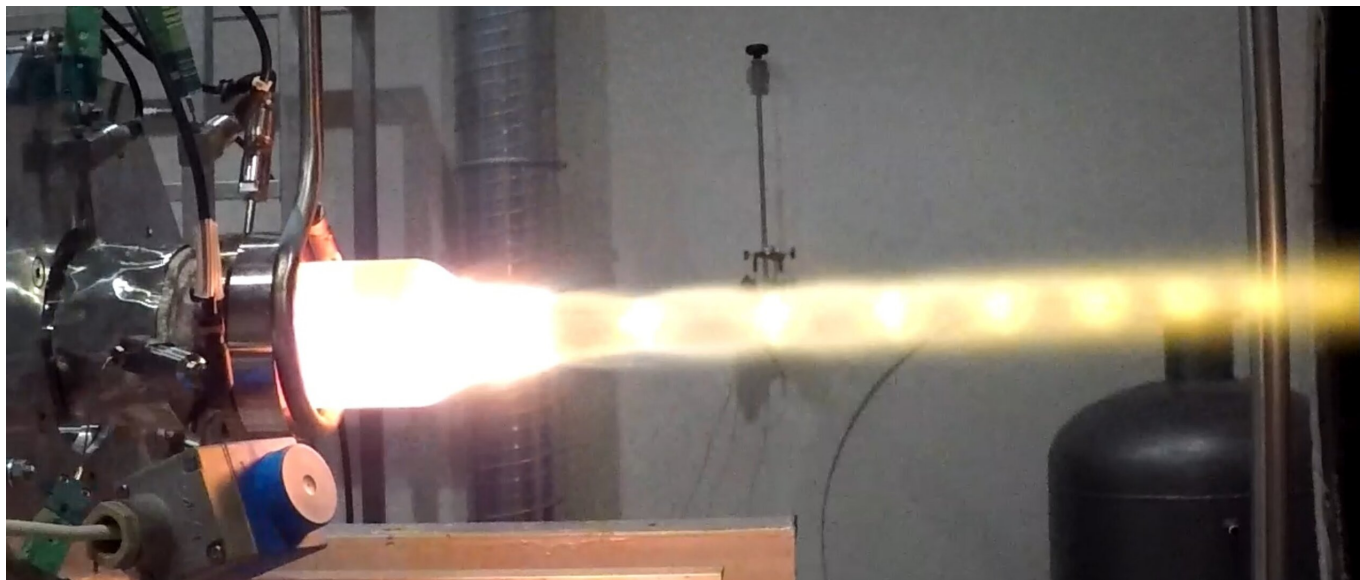
Zasadniczym celem GRACE było osiągnięcie trzeciego (w domyślnej dziewięciostopniowej skali) poziomu gotowości technologicznej (TRL3) tzw. „zielonego” satelitarnego napędu typu LAE. Wcześniej założenia działania załączkowego napędu wykorzystującego nadtlenek wodoru zostały szczegółowo sprawdzone w warunkach laboratoryjnych, aby uzyskać potwierdzenie pożądanych parametrów pracy. Odbywające się w Łukasiewicz-Instytucie Lotnictwa testy polskiego rozwiązania napędowego polegały na wielokrotnym próbnym uruchamianiu eksperymentalnego modelu silnika, a zakończyły się osiągnięciem kamienia milowego - udanego podtrzymaniem zapłonu i pracy demonstratora napędu satelitarnego przez 60 sekund.

Czytaj też: [Nadzieje i szanse dla polskich napędów raketowych \[RELACJA\]](#)

Pierwsza odsłona projektu GRACE była naszą propozycją w ramach początkowych konkursów programu PLIIS, gdzie następowało jeszcze definiowanie polskich nisz i mogliśmy zgłaszać własne propozycje. [...] Wiedzieliśmy, że jest zapotrzebowanie rynkowe na ekologiczny napęd tego typu w Europie. Z kolei kilka lat później - gdy zaczynaliśmy GRACE2 - ten pomysł był już na liście projektów wskazanych przez ESA jako inicjatywa z zakresu polskich nisz technologicznych, które Agencja chce realizować. W ostatniej rundzie PLIIS nie można było już zatem składać dowolnych tematów wniosków w kluczowych obszarach, było natomiast 7 preferowanych domen - jedną z nich były napędy satelitarne na bazie ekologicznych materiałów pędnych, uznanych już przez ESA za polską specjalizację. Był to także efekt udanego przebiegu pierwszego projektu GRACE.

Dr inż. Adam Okniński, kierownik Zakładu Technologii Kosmicznych w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytucie Lotnictwa

Finalnie w ramach projektu GRACE wykonano ponad 140 testów z załączkiem silnika raketowego na hamowni Łukasiewicz-ILOT, uzyskując wyniki odpowiadające standardom ESA. Wykorzystano do tego najbardziej zaawansowaną w naszej części Europy infrastrukturę (docenioną nagrodą NI Engineering Impact Award 2018 w kategorii „Aerospace”). W swoich komunikatach Łukasiewicz-ILOT zwracał przy tym uwagę, że opracowany pod jego kierownictwem satelitarny silnik raketowy, nawet na tle zaawansowanego rozwoju innych ekologicznych napędów w Europie, wzbudza zainteresowanie potencjalnych międzynarodowych odbiorców (pod kątem zastosowania w platformach dużych satelitów). Model polskiego silnika został z czasem także zademonstrowany szerszej publiczności m.in. podczas Międzynarodowego Salonu Przemysłu Obronnego 2018 w Kielcach oraz podczas Targów Space Tech Expo Europe 2019 w Bremie.



Fot. ESA/IIA [esa.int]

Przed ostatnią fazą PLIIS, Europejska Agencja Kosmiczna zakwalifikowała obszar doskonalenia napędów satelitarnych jako jedną z siedmiu nisz rozwoju technologii kosmicznych, w których Polska ma szansę odegrać znaczącą rolę na świecie. ESA potwierdziła przy tym możliwość komercjalizacji wypracowanych wyników projektu GRACE w Polsce i wykorzystanie budowanych łańcuchów poddostawców. Kierownik projektu dr inż. Paweł Surmacz z Łukasiewicz-ILOT zapewniał wówczas, że projekt GRACE, jak i jego przewidywana kontynuacja, stanowią odpowiedź na potrzeby europejskiego rynku i widoczne jest duże zainteresowanie podmiotów zagranicznych opracowywaną technologią. Deklarowano też, że kontynuacja prac nad dorobkiem GRACE może znaleźć odzwierciedlenie w nawet ośmiu projektach ESA i Komisji Europejskiej, na bazie w pełni polskiej technologii uzyskiwania nadtlenu wodoru. Łącznie (jak zapewniają przedstawiciele Łukasiewicz-ILOT), w trakcie ostatniej dekady Instytut z sukcesem zaangażował się w ponad 20 krajowych i europejskich projektów z zakresu ekologicznych napędów satelitarnych.

Czytaj też: [Nowoczesna infrastruktura naziemna i nagrody dla inżynierów ILOT. Pozytywne efekty sukcesu rakiety „Bursztyn” \[WIDEO\]](#)

Spożytkowanie wyników projektu GRACE stało się możliwe również poza obszarem technologii silników typu LAE - zważywszy, że tej samej skali jednostki napędowe mogą być adaptowane do potrzeb nowej generacji lekkich raket nośnych, gdzie górny stopień (umieszczający ładunek na zadanej orbicie) może wykorzystywać ciąg odpowiadający napędowi GRACE (400-500 N w próżni).

Projekt GRACE, przy oferowanych kilkuset niutonach ciągu, odpowiada już nawet wymaganiom wielkości docelowych napędów ostatnich [górných] stopni lekkich systemów nośnych. ESA rozważa go pod kątem zastosowania w ostatnich stopniach małych raket, jak i napędów do realizacji misji eksploracyjnych.

*Dr inż. Adam Okniński, kierownik Zakładu Technologii Kosmicznych w Sieci Badawczej Łukasiewicz
- Instytucie Lotnictwa*

W relacji do podsumowanego już projektu GRACE swoją opinię przedstawiła publicznie całkiem niedawno sama ESA, publikując w lutym 2021 roku artykuł poświęcony polskiemu napędowi satelitarnemu. „Program z powodzeniem zademonstrował efektywne złożo katalityczne umożliwiające podtrzymanie przez minutę ciągłej stabilnej pracy silnika” - skomentował wyniki polskich prób z silnikiem GRACE inżynier napędów ESA, Ferran Valencia Bel. „Sukces GRACE zwraca uwagę na poziom doskonałości technicznej Polski w dziedzinie napędu raketowego, jako części większego wysiłku ESA mającego na celu nadanie przemysłowi kosmicznemu bardziej zrównoważonych zdolności, poprzez wynalezienie nietoksycznych alternatyw dla dotychczas stosowanych substancji i materiałów” - podkreślił inżynier europejskiej agencji.

Czytaj też: [Polacy opracują mechanizm regulacji ciągu w projekcie raketowym ESA](#)

Potwierdzenie uzyskania założonych parametrów pracy otworzyło polskiemu projektowi drogę do osiągnięcia kolejnych poziomów gotowości technologicznej i zaawansowania produktu. Objawiło się to niebawem kontynuacją działań w ramach wspomnianego już projektu GRACE2, w ostatniej serii konkursów PLIIS. Oprócz tego warto nadmienić, że Łukasiewicz-Institut Lotnictwa podjął się osobno realizacji jeszcze innego projektu dotyczącego systemu napędów satelitarnych (POLON), gdzie również jest mowa o zastosowaniu wysoko stężonego nadtlenu wodoru, wytwarzanego w oparciu o polską, instytutową technologię wytwarzania.

W projekcie POLON pracujemy nad kompletnym systemem napędowym, całego satelity - opartym na wykorzystaniu jednoskładnikowego ciekłego materiału pędnego, podczas gdy w projekcie GRACE pracowaliśmy nie nad całym systemem, a nad konkretnym, bardziej zaawansowanym silnikiem. Był to zatem układ nieco bardziej skomplikowany, na dwuskładnikowy materiał pędny (oddzielnie wykorzystujący paliwo i utleniacz), spalane w komorze silnika. W projekcie POLON mamy natomiast proste silniki, gdzie stosujemy tylko i wyłącznie jeden materiał pędny - nadtlenek wodoru klasy HTP. Mowa tutaj o uproszczonym napędzie małych satelitów, z ciągiem na poziomie pojedynczych niutonów.

Dr inż. Adam Okniński, kierownik Zakładu Technologii Kosmicznych w Sieci Badawczej Łukasiewicz - Instytucie Lotnictwa

Czytaj też: [Polskie konsorcjum opracuje własny napęd satelitarny](#)

7 lat udogodnień w dostępie do zamówień ESA

Polska była beneficjentem Programu Wsparcia Polskiego Przemysłu (Polish Industry Incentive Scheme - PLIIS) przez pierwszych 7 lat członkostwa w Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Celem wygasłego pod koniec 2019 roku PLIIS było podniesienie kompetencji lokalnie działających firm sektora kosmicznego oraz ułatwienie im konkurencji w otwartych przetargach ESA i dalszych zamówieniach komercyjnych. Jego założenia zostały przyjęte na mocy umowy pomiędzy Rządem RP a ESA w sprawie

przystąpienia Polski do Konwencji o utworzeniu Agencji i realizacji związanych z tym warunków członkostwa. PLIIS określono jako mechanizm okresu przejściowego w polskim członkostwie w ESA, ustalony początkowo na 5 lat (do 31 grudnia 2017 r.), a finalnie przedłużony po negocjacjach obustronnych o kolejne 2 lata (do końca 2019 r.).

PLIIS był koordynowany przez Zespół Zadaniowy PL-ESA (Task Force PL-ESA), w którym odbywające się konkursy kierowane były wyłącznie i bezpośrednio na polski rynek. Budżet programu był finansowany z puli 45 proc. obowiązkowej składki narodowej Polski do ESA, przeznaczanej w ten sposób *stricte* na kontrakty dla krajowych firm i instytutów naukowo-badawczych.

Czytaj też: [Banasiak, TAS Polska: Kompetencje są kluczowe, lecz ich budowanie trwa lata](#)

Europejska Agencja Kosmiczna publikowała dokumentację dotyczącą kolejnych konkursów (naborów projektów) do programu Polish Industry Incentive Scheme za pośrednictwem wspólnej internetowej platformy zamówieniowej ESA EMITS. Warto nadmienić, że obecnie system ten jest już nieaktywny, a dalsze programy przetargowe i zlecenia ESA obsługuje [platforma ESA-STAR](#) (ESA's System for Tendering And Registration). To za jego pośrednictwem odbywa się obecnie - począwszy od marca 2021 roku - zgłaszanie wniosków i nawiązywanie współpracy przy realizacji projektów agencji.

Konkursy w ramach programu Polish Industry Incentive Scheme miały charakter naborów ciągłych i odbywały się w sesjach obejmujących po kilka uzgodnionych obszarów zastosowań technologicznych. Rozstrzygano je cyklicznie, po każdej rundzie. Obszary odnosiły się do rozpoznanych kierunków specjalizacji, które uznano za najbardziej perspektywiczne i dopasowane do możliwości polskiego przemysłu.

Przykładowo, planowany budżet III konkursu PLIIS (realizowanego do 17 września 2016 roku) wynosił 7 mln EUR. W konkursie możliwe było składanie projektów w ramach następujących kategorii:

1. Flight Hardware activities - rozwój sprzętu lotnego, związanego z technologiami platform satelitarnych i czujnikami lub z technologiami nieswoistymi z potencjałem wielokrotnego użytku,
2. Research and Development activities - działania badawczo-rozwojowe (w tym demonstracje technologii, procesy przemysłowe i ich kwalifikacja/certyfikacja), prowadzące do produktów (sprzętu lub oprogramowania) lub do technologii ogólnych z potencjałem wielokrotnego użytku,
3. Preparatory activities - działania przygotowawcze (np. studia wykonalności, oceny technologii, wymagania użytkowe lub badania rynkowe) oraz usługi związane z misjami ESA w celu wsparcia krajowej konkurencyjności w programach ESA (opcjonalnych i obowiązkowych), do których przystąpiła Polska,
4. Space-based applications - wdrożenia, produkty i usługi wykorzystujące infrastrukturę kosmiczną, która już istnieje lub ma zostać uruchomiona w najbliższym czasie.

Czytaj też: [Sukces negocjacji z ESA. Program Wsparcia Polskiego Przemysłu przedłużony o 2 lata](#)

Projekty w ramach PLIIS oceniane były w pierwszej kolejności przez ekspertów ESA, bez udziału przedstawicieli strony polskiej. Następnie przyjęte tutaj inicjatywy kierowano do zarekomendowania przez Międzyresortowy Zespół do spraw Polityki Kosmicznej w Polsce, pod przewodnictwem ministerstwa właściwego ds. gospodarki. Ostateczną decyzję o realizacji danej inicjatywy podejmował wspólny zespół zadaniowy Polska-ESA (ESA-Poland Task Force).

Przedłużenie okresu obowiązywania PLIIS było odpowiedzią na postulaty polskich przedsiębiorców i środowiska naukowego, czyli sfer aktywnie korzystających z mechanizmów wsparcia w ramach programu. Jak wskazują dane upublicznione przez Ministerstwo Rozwoju, Pracy i Technologii (w odpowiedzi na interpelację poselską nr 13260 z listopada 2020 r.), w ramach instrumentu Polish Industry Incentive Scheme od 2012 roku ESA zawarła 190 osobnych umów z podmiotami polskiego sektora kosmicznego (wg. stanu na 31 grudnia 2019 r). Łączna wartość umów zawartych w całym tym czasie wyniosła 48 mln EUR.

Czytaj też: [Ku kosmicznej samodzielności Europy. ESA chce uniezależnić się od amerykańskich dostawców](#)

Opracowanie: Marcin Kamassa - na bazie informacji udzielonych przez Łukasiewicz-Institut Lotnictwa oraz materiałów prasowych Łukasiewicz-ILOT, ESA, MRPiT.



GLOBALNE OCIEPLENIE
podręcznik dla Zielonej Prawicy

Jakub Wiech

Defence 24
WYDAWNICTWO

**NAJNOWSZA KSIĄŻKA
KUBY WIECHA**

Czy Prawica może być Zielona?

Defence 24
WYDAWNICTWO

Sklep.Defence 24

[Z oferty sklepu Defence24.pl](#)