



## TECHNIKA TRANSPORTU SZYNOWEGO

Leszek CWOJDZIŃSKI, Jerzy LEWITOWICZ

### TRANSPORT KOSMICZNY II

#### *Streszczenie*

*Odbywanie lotów poza obszarem atmosfery ziemskiej wymaga nowego rodzaju statków latających zapewniających transport kosmiczny. Umożliwia to eksplorację i wykorzystywanie przestrzeni pozaziemskiej, bliższego i dalszego kosmosu. Ciekawe i ważne zagadnienia związane z transportem kosmicznym obejmują: budowa rakiet, promy i pojazdy kosmicznych, systemy sterowania, transport ładunków na bliższe i dalsze orbity pozaziemskie, łączność satelitarna, astronomia, geofizyka kosmiczna, badanie planet, międzynarodowa stacja kosmiczna, satelity komunikacyjne i ich wykorzystywanie, człowiek w przestrzeni kosmicznej, turystyka kosmiczna, lotniska kosmiczne (na ziemi i lądowiska na innych planetach), logistyka transportu kosmicznego. Wszystkie te obszary badawcze i techniczne rozwijane są w NASA, Europejskiej Agencji Kosmicznej, Rosji, Chinach, Japonii. Ostatnio najwięcej uwagi poświęca się badaniom Marsa i przygotowywaniem wylotu człowieka na tę planetę.*

#### WSTĘP

Transport kosmiczny jest pierwszym i najważniejszym warunkiem wszystkich poczynań ludzkości związanych z wykorzystaniem i penetracją kosmosu [2, 3]. Trudno spotkać dobrą definicję pojęcia *transport kosmiczny*, tak jak jednoznacznie określany jest transport samochodowy, kolejowy, morski czy nawet lotniczy [7]. Podstawą transportu kosmicznego są rakiety, a w nich silniki raketowe stanowiące napęd rakiet czy też innych kosmicznych pojazdów (wehikułów) wynoszonych w przestrzeń kosmiczną (poza ziemską). Zasadą pracy silników raketowych jest wykorzystywanie integralnego paliwa (często kilkuskładnikowego) z pominięciem składników atmosfery ziemskiej, a której w przestrzeni kosmicznej nie ma.

Brak ostrego podziału na jakieś grupy i rodzaje środków transportu kosmicznego. Umownie można dokonać podziału środków transportu kosmicznego ze względu na zadania transportowe. Daje się więc wyróżnić rakiety (poza militarnymi): do wynoszenia satelitów na bliższe i dalsze orbity okołoziemskie, do wynoszenia pojazdów kosmicznych (np. promów kosmicznych) czy innych kapsułów z załogą ludzką, do transportu robotów i satelitów na inne planety, asteroidy, komety z pewną odmianą pozwalającą na umożliwienie lotu poza układ słonecznych bezkresną dal nieograniczonego kosmosu. Ciekawą grupą środków transportu kosmicznego są platformy umożliwiające powrót z przestrzeni kosmicznej, z powierzchni ciał niebieskich zasobników (wehikułów), promów na ziemię.

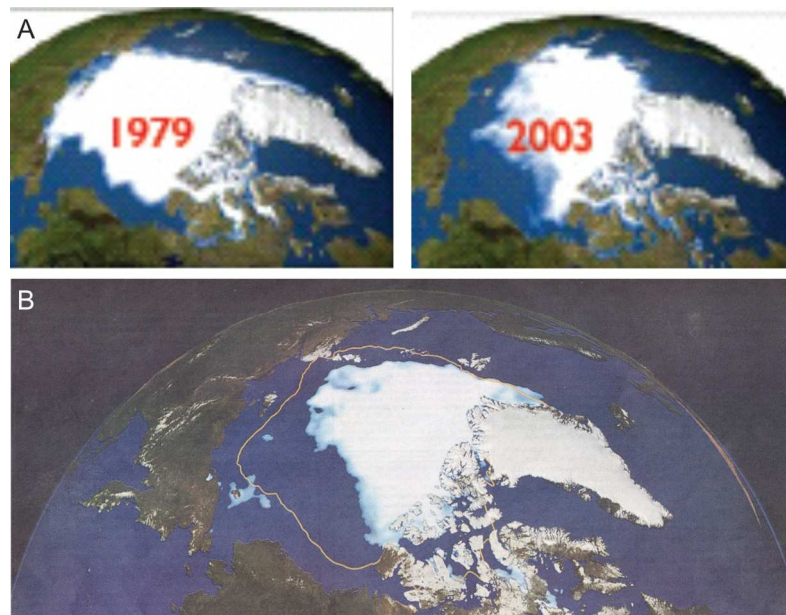
W ostatnim okresie pojawiły się nowe idee transportu mieszanego lotniczo-kosmicznego transportującego w przestrzeń kosmiczną ładunek za pomocą samolotu wynoszącego na odpowiedni pułap raketę z ładunkiem, której silnik (i) uruchamiany jest po oddzieleniu się od samolotu. Ten rodzaj transportu ma okazać się najbardziej ekonomiczny i możliwie najmniej kosztowny. Na bazie takiego transportu planowany jest rozwój turystyki

kosmicznej. Powroty pojazdów z kosmosu wymagać będą przygotowanych lotnisk, być może nazywanych w przyszłości kosmicznymi. Stosowane dotychczas metody lądowania za pomocą spadochronów (poza promami, które w wydaniu kończ XX wieku zakończyły swoją służbę – rys. 1A.) będą zastąpione sposobem zbliżonym do lądowania samolotowego (rys. 1B) lub śmigłowcowego.

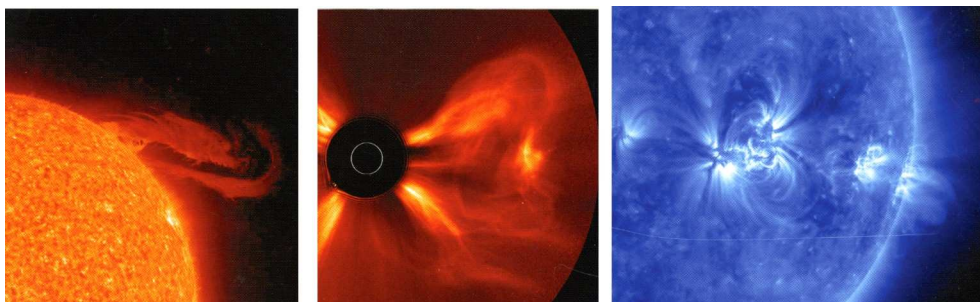
Dotychczasowe środki transportu kosmicznego umożliwiają wynoszenie na orbity okołoziemski satelitów zapewniających łączność, obserwacje meteorologiczne, badanie księżyca, planet, słońca i różnych innych ciał niebieskich. Zdjęcia z kosmosu dokumentują jak zmniejszają się pokrywy lodowców na Grenlandii i biegunie północnym (rys. 2). To wyniesione satelity pozwalają lepiej badać zjawiska na słońcu, które tak znacząco oddziałują na ziemską przestrzeń magnetyczno-elektryczną (rys. 3).



**Rys. 1.** Transport promu kosmicznego kończącego erę promów do muzeum(A) i wizja przyszłego samolotu z rakieta (B) i kapsuła kosmiczna (C) (fot. NASA)



**Rys. 2.** Zmniejszenie pokrywy lodowej na Grenlandii (A) i na biegunie północnym (B) (fot. NASA)

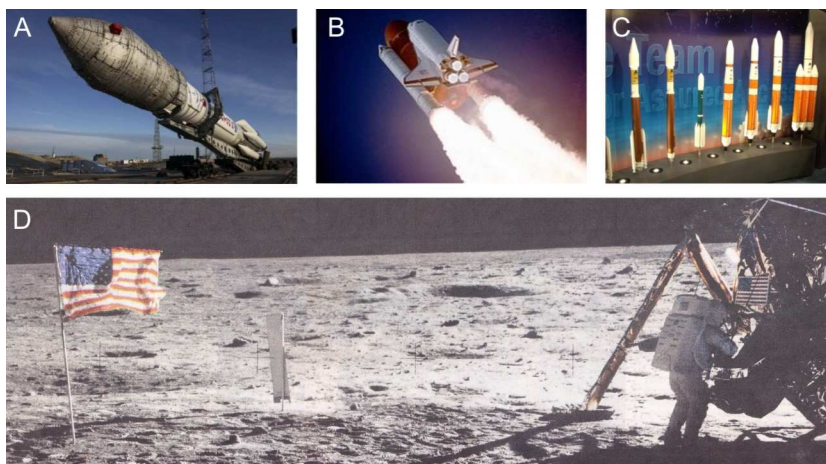


**Rys. 3.** Przykład badanych zjawisk na słońcu (fot. NASA)

## 1. STATKI KOSMICZNE, RAKIETY I SILNIKI

Wszelki wehikuły wynoszone w przestrzeń kosmiczną mogą posiadać wspólną nazwę *statek kosmiczny*, który porusza się poza atmosferą Ziemi. Statek taki musi być wyniesiony i rozpędzony do odpowiedniej prędkości przez silniki napędowe własne lub rakiety towarzyszącej. Współczesne statki kosmiczne wynoszone są w górę dzięki napędowi raketowemu, który wytwarza siłę odrzutu. Wyróżnia się kilka rodzajów pojazdów kosmicznych: rakietę, wahadłowiec, samolot kosmiczny, sonda kosmiczna, sztuczny satelita. Przykłady niektórych pojazdów pokazano na rysunku 4.

Pierwszym załogowym statkiem kosmicznym był radziecki Wostok. 12 kwietnia 1961 roku Jurij Gagarin odbył pierwszy załogowy lot orbitalny. 5 maja 1961 roku Alan Shepard – pierwszy Amerykanin w kosmosie wykonał lot suborbitalny w statku Mercury. 20 lutego 1962 roku John Glenn – jako pierwszy Amerykanin osiągnął orbitę okołoziemską, a 21 lipca 1969 roku Neil Armstrong postawił pierwszy krok na księżycu wypowiadając słowa: *To mały krok dla człowieka, ale wielki krok dla ludzkości*.



**Rys. 4.** Rosyjska rakietę *Proton* (A), start amerykańskiego wahadłowca *Atlantis* (B), zestaw rakiet wynoszących w kosmos satelity (C), N. Armstrong na księżycu w 1969 r. (D)

Pierwszym załogowym statkiem kosmicznym był radziecki Wostok. 12 kwietnia 1961 roku Jurij Gagarin odbył pierwszy załogowy lot orbitalny. 5 maja 1961 roku Alan Shepard – pierwszy Amerykanin w kosmosie wykonał lot suborbitalny w statku Mercury. 20 lutego 1962 roku John Glenn – jako pierwszy Amerykanin osiągnął orbitę okołoziemską, a 21 lipca 1969 roku Neil Armstrong postawił pierwszy krok na księżycu wypowiadając słowa: *To mały krok dla człowieka, ale wielki krok dla ludzkości*.

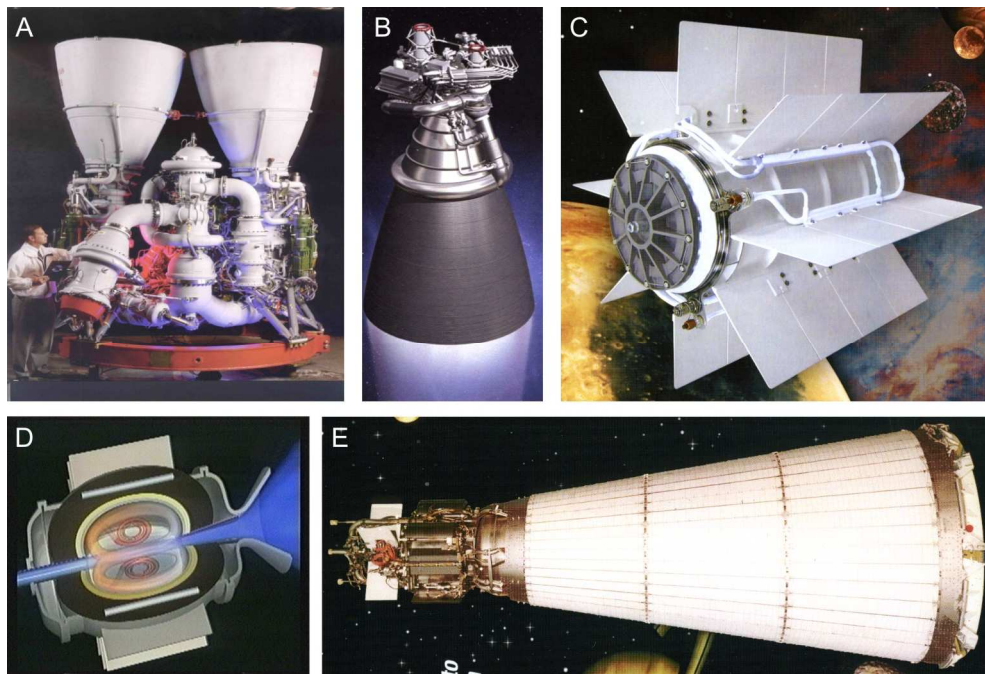
Statek kosmiczny łączy pewne cechy samolotu oraz rakiety. Zwykle ma on formę samolotu z napędem raketowym. W odróżnieniu od wahadłowca samolot kosmiczny nie startuje z wyrzutni tylko z lotniska. W zależności od konstrukcji pojazd taki sam dostaje się w przestrzeń kosmiczną, bądź też jest wynoszony na pokładzie innego pojazdu. Najczęściej jest to tradycyjny lub specjalnie skonstruowany samolot odrzutowy. Szczególną cechą samolotu kosmicznego jest jego zdolność do lotów wielokrotnych. Oznacza to, że w odróżnieniu od pojazdów wykorzystujących rakiety nośne - wahadłowców, cały statek powraca na lotnisko (kosmiczne) i po ponownym zatankowaniu może odbyć kolejny lot. Tradycyjne wahadłowce są w stanie powrócić na ziemię jednak ich zewnętrzne zbiorniki są jednorazowe. Dodatkowo sama konstrukcja wahadłowca - promu kosmicznego powoduje, że następny lot wymaga długotrwałego przygotowania i jest bardzo kosztowny. Zarówno wahadłowiec jak i samolot kosmiczny lądują w drodze powrotnej na pasie lotniczym.



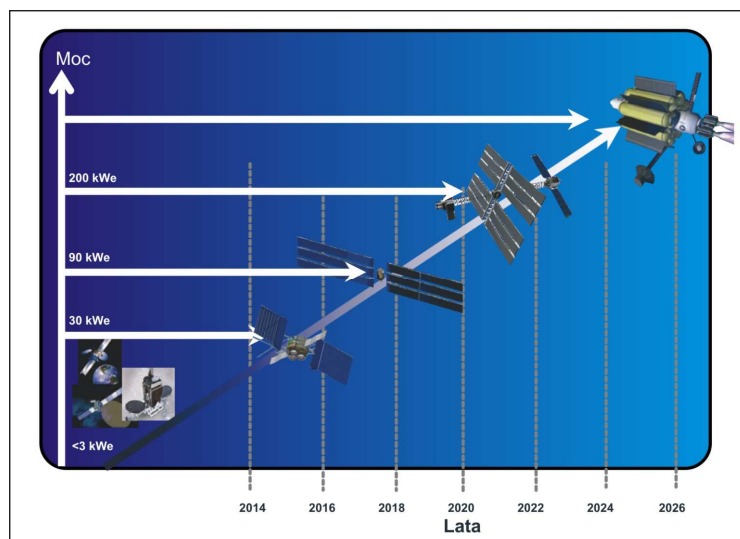
Postanowiono zakończyć wykorzystywanie wahadłowców (rys. 1A). Loty zaopatrzeniowe na międzynarodową stację ISS przejęły rakiety rosyjskie *Sojusz*. Nową erę w XXI wieku rozpoczynają samoloty kosmiczne typu *SpaceShipOne* czy *SpaceShipTwo* (rys. 1B)

Możliwość ruchu wszelkim pojazdom kosmicznym zapewnia zespół napędowy – silniki rakietowe. Na rysunku 5 pokazano przykładowe konstrukcje stosowanych i przyszłościowych silników stosowanych do napędu rakiet. Silnik RD 180 (rys. 5A) produkowany jest w USA na podstawie kupionej rosyjskiej licencji. Silnik J-2X (rys. 5B) jest rozwinięciem silnika J-2, który służył do napędu rakiet *Apollo*. Na rysunku 5C pokazano radioizotopowy generator termoelektryczny zasilający statek kosmiczny w energię elektryczną w długotrwałych lotach kosmicznych. Przyszłościowy napęd wehikułów kosmicznych będą stanowić silniki jonowe (rys. 5D) i nuklearne (rys. 5E).

Rozwój napędów rakietowych, osiągnięcie dużej wartości siły ciągu choć w krótkim czasie i małej siły ciągu ale w sposób długotrwały pozwala na wynoszenie w przestrzeń kosmiczną coraz większych satelitów i pojazdów kosmicznych. Na rysunku 6 pokazano rozwój parametrów napędów kosmicznych w latach 2014-2029, który pozwoli około 2030 roku wysłać załogę ludzka na Marsa.



**Rys. 5.** Silniki rakiet; RD 180 (A), J-2X (B), generator energii elektrycznej (C), silnik jonowy (D) i silnik nuklearny (E)



Rys. 6. Zmiana mocy zespołów napędowych w latach 2014-2029 (źródło: NASA)

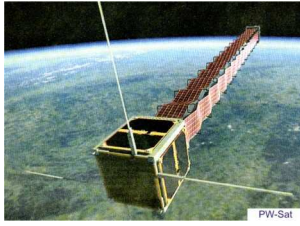
## 2. SATELITY I SONDY KOSMICZNE

Satelity wynoszone są na niskie (100 do kilkuset kilometrów) i wysokie (37 000 km) orbity okołoziemskie [1, 5, 7]. Spełniają one role badawcze np. satelity meteorologiczne i komercyjne (łączość). Sondy kosmiczne wynoszone są w przestrzeń kosmiczną na razie w celach badawczych. Umożliwiają one penetrację przestrzeni wokół planet, asteroidów, komet, a nawet lądowanie na ich powierzchni z możliwością powrotu części konstrukcji na Ziemię przywożąc obok zebranych danych naukowych próbki gruntu. Na przykład za pomocą rakiety *Delta II* wyniesiono w przestrzeń kosmiczną dwie sondy księżycowe: Grail-A i Grail-B<sup>1</sup>. Ich zadaniem będzie m.in. szczegółowy pomiar księżycowej grawitacji i wykonanie Gdy sondy znajdą się na orbicie satelity Ziemi, rozpoczną badania nieregularności w jego polu grawitacyjnym i wykonanie zdjęć powierzchni satelity o wysokiej rozdzielczości. Pozwoli to uzyskać wgląd w możliwy kształt jądra Księżyca. Pole grawitacyjne księżyca jest blisko sześć razy słabsze od ziemskiego. Dodatkowo jest bardzo nieregularnie i nierzadko ukształtowanie powierzchni Księżyca jest powiązane z kształtem samego pola.

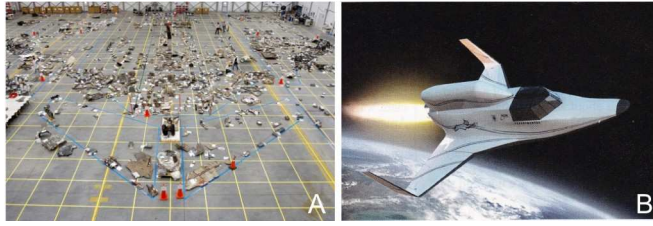
Warto odnotować zbudowanie polskiego satelity PW-Sat – opracowany Politechnice Warszawskiej (rys. 7), który został wyniesiony na orbitę w lutym 2012 r. za pomocą francuskiej rakiety *Vega*, odpalonej z kosmodromu w Gujanie Francuskiej.

Nie wszystkie przedsięwzięcia i zamierzenia kosmiczne kończą się sukcesem. Nie udał się start rosyjskiej rakiety w 2012 r., która miała wynieść sondę i posadzić ją na jednym z księżyców Marsa. Sonda wyposażona była w polski penetrator gruntu *Chomik*. Jak w lotnictwie postęp techniczny jest pokłosiem tragedii ludzi. Katastrofie uległ prom kosmiczny *Columbia* powracając na ziemię (rys. 8). Przyczyną katastrofy było nieduże uszkodzenie skrzydła podczas startu przez także nieduży kawałek styropianu, który oderwał się od rakiety nośnej. Przyczynę tej katastrofy szczegółowo zbadano i zastosowano w następnych lotach promów procedury diagnostyczne badania stanu technicznego promu na orbicie (rys. 8A). Wycofane z eksploatacji promy zastąpione zostaną samolotami kosmicznymi (startującymi i lądującymi autonomicznie), których przykładem może być samolot kosmiczny XCORs Lynx Marek I (rys. 8B).

<sup>1</sup> Ang. Grail - Gravity Recovery and Interior Laboratory.



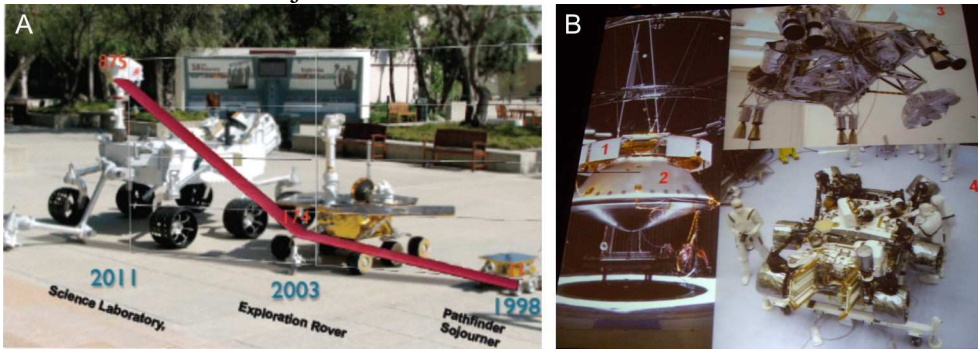
Rys. 7. Polski satelita PW-Sat



Rys. 8. Szczątki po katastrofie promu *Columbia* (A) i projekt przyszłego samolotu kosmicznego (B)

## PODSUMOWANIE

Tylko rozwinięty transport kosmiczny pozwolił na realizację ważnych zamierzeń ludzkości cywilnych (np. lądowanie człowieka na Księżycu – rys. 4D czy łazika na Marsie – rys. 9B) i militarnych (np. lot promu X-47B – rys. 10). Wyniesiono na orbitę okołozemską międzynarodową kosmiczną stacją badawczą (ISS), której fragment pokazano na rysunku 11, zaopatrywaną przez wiele lat za pomocą amerykańskich wahadłowców, a obecne za pomocą rosyjskich rakiet Proton i Sojuz.



Rys. 9. Wzrost masy łazików na Marsa i lądowanie *Curiosity* na Marsie



Rys. 10. Militarny prom kosmiczny X-47B



Rys. 11. Fragment stacji ISS



Rys. 12. Wizja asteroidów Vesta i Ceres



Umieszczono na orbicie okołoziemskiej dwa duże teleskopy astronomiczne, satelity do łączności satelitarnej, satelity do badań zmian atmosfery ziemskiej i powierzchni planety Ziemia. Na przykład tylko Siły Powietrzne USA planują wysłanie w kosmos w latach 2013-2016 100 do 130 satelitów militarnych, Wyślano w przestrzeń kosmiczną sondy badawcze dla zbadania odległych asteroidów Vesta i Ceres (rys. 12).

## SPACE TRANSPORT II

### Abstract

*In order to fly out of the earth atmosphere area some new airships ensuring the space transport are needed. The ones can make possible the proximal and distal, as well, space area to be explored and used. Interesting and important problems concerned with the space transport include: design of rockets, space ferries and vehicles, control systems, special cargo transport into proximal and distal earth orbits, satellite communication, astronomy, space geophysics, exploration of planets, international space stations, communication satellites and their operation, "man in space", space tourism, landing places (earth and another planets), space transport logistics. All these research and technological areas are developed by NASA, European Space Agency, Russia, China, Japan. The Mars exploration and human flight to the planet preparation are of special, last time interest*

### BIBLIOGRAFIA

1. Cynamon Ch. H.: *Evolving big-A acquisition processes to leverage commercial SATCOM opportunities*. AIAA 2010 ICSSC Colloquium. Anaheim Ca. 2010.
2. Hammond W. E.: *Space transportation a system approach to analysis and design*. AIAA. Reston 1999.
3. Hammond W. E.: *Design methodologies for space transportation system*. AIAA. Reston 2001.
4. Handerson M.: *Space shuttle program*. SPACE Conference. Long Beach Ca. 2011.
5. Hilton W. F.: *Manned satellites*. HUTCHINSON. London 1965.
6. Hirst M.: *The air transport system*. AIAA. Reston 2008.
7. Thomas J.: *Using certified software validation tools increase software reliability in satellite and spacecraft application*. SPACE Conference. Anaheim Ca. 2010.

### Autorzy:

**Leszek CWOJDZIŃSKI, Jerzy LEWITOWICZ**



Dr pil. Leszek Cwojdzinski. Absolwent Wyższej Oficerskiej Szkoły Lotniczej w Dęblinie, w 1979, i Akademii Lotniczej Sił Powietrznych im. Jurija Gagarina w Monino (Rosja) w 1983 r. Doktorat obronił w Wojskowej Akademii Technicznej w 2004 r. Autor licznych prac naukowych dotyczących techniki lotniczej, użycia bojowego statków powietrznych i szkolenia lotniczego. Posiada nalot 2400 godzin na samolotach odrzutowych i tytuł pilota wojskowego klasy mistrzowskiej. Posiada stopień wojskowy generała dywizji. Pełni obowiązki Dyrektora Departamentu Polityki Zbrojeniowej. MON.



Prof. Dr hab. inż. Jerzy Lewitowicz. Absolwent Wojskowej Akademii Technicznej w 1956 r. i Uniwersytetu Warszawskiego w 1961 r. Autor licznych publikacji naukowych (ponad 400). Autor i współautor 23 książek naukowych z dziedziny eksploatacji statków powietrznych, tribologii, diagnostyki, bezpieczeństwa lotów, licznych patentów oraz wzorów użytkowych. Posiada stopień wojskowy generała brygady (w rez.). Jest pracownikiem naukowym Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych.