



ANALOG
ASTRONAUT
TRAINING
CENTER



MATEUSZ MATT HARASYMCZUK

PROCES SELEKCJI I SZKOLENIA ASTRONAUTÓW

Proces selekcji i szkolenia astronautów

Matt Harasymczuk

2020-03-18

1	Wstęp	5
1.1	Od Autora	5
1.2	Wprowadzenie	6
1.3	Metoda, techniki badawcze oraz procedura analizy	8
1.4	Definicje	9
2	Historia astronautyki	10
2.1	Rys historyczny załogowych lotów kosmicznych	10
2.1.1	Pionierzy kosmonautyki	10
2.1.2	Wyścig kosmiczny i krótki rys historyczny załogowych lotów kosmicznych	11
2.2	Programy kosmiczne USA	12
2.2.1	Program Mercury	12
2.2.2	Program Gemini	14
2.2.3	Program Apollo	16
2.2.4	Program Skylab	20
2.2.5	Program Space Transportation System	21
2.3	Programy kosmiczne ZSRR i Federacji Rosyjskiej	22
2.3.1	Program Wostok	22
2.3.2	Program Woschod	23
2.3.3	Program Księżycowy (N1-L3)	24
2.3.4	Program Salut	25
2.3.5	Program Sojuz/Progress	26
2.3.6	Program Interkosmos	26
2.3.7	Stacja kosmiczna Mir	28
2.3.8	Program Buran	29
2.4	Polak w kosmosie	30
2.4.1	Lot generała Hermaszewskiego	30
2.5	Kosmiczne Programy międzynarodowe	34
2.5.1	Międzynarodowa Stacja Kosmiczna	34
2.5.2	Wybrane rekordy załogowych lotów kosmicznych	35
3	Infrastruktura szkoleniowa	36
3.1	Centra szkolenia astronautów	36
3.1.1	Centrum Przygotowania Kosmonautów, Gwiezdne Miasteczko, Moskwa, Rosja	37
3.1.2	Johnson Space Center, Houston, TX, USA	37
3.1.3	European Astronaut Centre, Kolonia, Niemcy	37
3.1.4	Tsukuba Space Center, Tsukuba, Ibaraki, Japonia	37
3.1.5	Astronaut Centre of China, Pekin, Chiny	37
3.1.6	John H. Chapman Space Centre, Longueuil, QC, Kanada	37

3.2	Baseny neutralnej pływalności	38
3.2.1	NASA - Neutral Buoyancy Laboratory	39
3.2.2	ESA - Neutral Buoyancy Facility	40
3.2.3	Roskosmos - Hydro Lab	41
3.2.4	CNSA - Neutral Buoyancy Facility	41
3.2.5	JAXA - Weightlessness Environment Test System	42
3.2.6	University of Maryland - Neutral Buoyancy Research Facility	42
3.3	Wirówki przeciążeniowe	43
3.3.1	CPK - CF-7	44
3.3.2	CPK - CF-18	45
3.3.3	NASA - Ames Research Center 20-G Centrifuge	46
3.3.4	Wirówki przeciążeniowe do badań naukowych na ludziach	46
3.3.5	Wirówki przeciążeniowe do badań naukowych	46
3.4	Komory niskich ciśnień, próżniowe oraz termalne	47
3.4.1	Komory termalne	47
3.5	Loty paraboliczne	47
3.6	Laboratoria Wirtualnej Rzeczywistości	48
3.6.1	Virtual Reality Laboratory (VRL), NASA	48
3.6.2	Haptics Lab ESA	49
3.7	Symulatory lotu	49
3.8	Przyrządy ćwiczeniowe	50
3.9	Systemy podwieszania symulujące środowisko obniżonej grawitacji	51
3.10	Eksperymenty izolacyjne	52
3.10.1	Personal Rescue Enclosure	53
3.10.2	Badania izolacyjne w ośrodkach medycznych	53
3.10.3	Badania izolacyjne w habitatach	53
4	Selekcja kandydatów	54
4.1	Kryteria doboru kandydatów	55
4.2	Selekcja kondycyjna	57
4.3	Selekcja medyczna	57
4.4	Selekcja umiejętności technicznych i naukowych	58
4.5	Selekcja ze względu na doświadczenie lotnicze	59
4.6	Selekcja psychologiczna	59
4.7	Dodatkowe, aktywności, uprawnienia i licencje wpływające na selekcje	61
4.8	Selekcja astronautów w agencjach i organizacjach rządowych	62
4.9	Roscosmos (Federacja Rosyjska)	62
4.10	ESA - Europejska Agencja Kosmiczna	62
4.11	NASA - Narodowa Agencja Aeronautyki i Astronautyki (USA)	63
4.12	CSA - Kanadyjska Agencja Kosmiczna	64
4.13	JAXA - Japońska Agencja Eksploracji Kosmicznej	65
4.14	CNSA - Agencja Kosmiczna Chińskiej Republiki Ludowej	66
5	Szkolenie podstawowe	67
5.1	Przygotowanie	68
5.1.1	Przygotowanie teoretyczne i wiedza ogólna	68
5.1.2	Nauka języków obcych i przygotowanie kulturowe	69
5.1.3	Przygotowanie teoretyczne z nauk przyrodniczych i technicznych	69
5.1.4	Kurs astrodynamiki, nawigacji i mechaniki orbitalnej	69
5.1.5	Szkolenia geologiczne	70
5.1.6	Szkolenia speleologiczne	71
5.1.7	Kurs inżynierii kosmicznej i systemowej	71
5.1.8	Przygotowanie medyczne i dentystyczne	72
5.1.9	Działalność edukacyjna na rzecz popularyzacja nauki i obszaru S.T.E.M.	73
5.1.10	Czynności rutynowe	73
5.2	Trening	74
5.2.1	Treningi i symulacje	74
5.2.2	Ćwiczenia kondycyjne i badania wydolności organizmu	75

5.2.3	Przygotowanie psychologiczne do pracy w odosobnieniu	76
5.3	Survival	78
5.3.1	Przygotowanie do pracy w ekstremalnych warunkach	78
5.3.2	Przetrwanie w warunkach zimowych	79
5.3.3	Przetrwanie w warunkach pustynnych	80
5.3.4	Przetrwanie w warunkach dżungli	80
5.3.5	Obozy przywództwa i pracy zespołowej	81
5.3.6	Przetrwanie w warunkach wodnych	82
5.4	Misje Analogiczne	83
5.4.1	Wyprawy w ramach programu CAVES	83
5.4.2	Wyprawy w ramach programu PANGAEA	84
5.4.3	Misje NEEMO	85
5.4.4	Symulacja pracy w środowisku mikrogravitacji	87
6	Robotyka i systemy ISS	88
6.1	Systemy kontroli środowiskowej i podtrzymania życia	88
6.2	Systemy operacyjne i oprogramowanie wykorzystywane w kosmosie	89
6.2.1	System czasu	89
6.2.2	System planowania zadań	90
6.2.3	System obsługi badań naukowych i zbierania danych	90
6.2.4	System śledzenia stanów magazynowych	90
6.2.5	Komunikacja	91
6.2.6	System wsparcia EVA	91
6.2.7	HabitatOS - Polski system operacyjny dla pozaziemskich habitatów	91
6.3	Systemy wsparcia robotycznego	91
6.3.1	Manipulator SSRMS Canadarm 2	91
6.3.2	Łączniki oraz autonomiczne pojazdy	92
7	Szkolenie EVA	93
7.1	Podział skafandrów kosmicznych	94
7.2	Skafandry kosmiczne wykorzystywane podczas startu i lądowania	94
7.3	Skafandry kosmiczne wykorzystywane podczas wyjść w przestrzeń kosmiczną	95
7.4	Zaznajomienie się ze skafandrem	96
7.5	Generalna charakterystyka skafandrów kosmicznych	97
7.6	Sprawdzenie szczelności skafandra	98
7.7	Systemy biomedyczne stosowane podczas EVA	99
7.8	Wykorzystywanie specjalistycznych narzędzi do pracy	99
7.9	Wykorzystanie urządzeń wspierających pracę w przestrzeni kosmicznej	101
8	Szkolenie pilotażu	102
8.1	Trening pilotażu samolotów	102
8.2	Trening pilotażu innych statków powietrznych	103
8.3	Pilotaż statku kosmicznego Sojuz	103
8.4	Sytuacje awaryjne statku kosmicznego	105
8.4.1	Rozszczelnienie	105
8.4.2	Pożar na pokładzie statku kosmicznego	105
8.4.3	System przerwania startu (Launch Escape System)	106
9	Przydziały naziemne	107
9.1	Testowanie sprzętu i pomoc w opracowywaniu nowych rozwiązań inżynierskich	108
9.2	Praca w symulatorach w przypadku problemów na orbicie	108
9.3	Praca jako Capsule Communicator (CAPCOM)	108
9.4	Misje analogowe	109
9.5	Popularyzacja nauki i obszaru S.T.E.M.	109
10	Zakończenie	110
11	Załączniki	111
11.1	Charter of the European Astronaut Corps	111

11.1.1	Our Vision	111
11.1.2	Our Mission	111
11.1.3	Our Values	111
11.1.4	Signature	112
11.2	Lista kosmonautów Roscosmos	112
11.3	Lista astronautów NASA	123
11.4	Lista astronautów ESA	124
11.5	Lista astronautów CSA	125
11.6	Lista astronautów JAXA	125
11.7	Lista taikonautów CNSA	125
12	Gdzie szukać informacji?	126
12.1	Źródła informacji	126
12.2	Książki	127
12.2.1	Biografie Astronautów	127
12.2.2	Książki: Inne	128
12.3	Kursy Online	129
12.4	Video	129
12.4.1	Kanały YouTube	129
12.4.2	Seriale TV	130
12.4.3	Filmy dokumentalne	130
12.4.4	Filmy fabularne	130
12.5	Gry komputerowe	131
12.6	Podcasts	131
12.7	Pozostałe źródła informacji	132
12.7.1	ESA	132
12.7.2	Roscosmos	132
12.7.3	NASA	133
12.7.4	Polish Space	133
12.7.5	Science	134
12.7.6	Rocket Science	134
12.7.7	Analog Astronautics Research	134
12.7.8	Scientific Publications	135
12.7.9	Aerospace Industry Jobs	135
12.7.10	Space News	135
12.7.11	Canadian Space Agency	135
12.7.12	ISS	136
12.7.13	Human Spaceflight	136
13	Bibliografia	137
13.1	Literatura	137

W emocji tej zawarta jest chyba, a może przede wszystkim, świadomość ogromnej odpowiedzialności, jaka spoczywa na mnie przed moimi rodakami, a także to, że lot ten wykonujemy dla dobra całej ludzkości. Robimy to w imię rozwoju nauki i postępu. Lot nasz to nie tylko wielka przygoda, ale trudna złożona praca w nowym, nierozpoznanym jeszcze środowisku pełnym niewiadomych i niebezpieczeństw. To także okazja uczestniczenia w czymś nowatorskim i niezwykłym, to możliwość uczestniczenia w realizacji eksperymentów naukowych, nad przygotowaniem których trudyli się znane w świecie autorytety. Nie mogę zawieść oczekiwań uczonych i moich rodaków zawieść nie mogę.

—gen. Mirosław Hermaszewski, Ciężar Nieważkości [Her13]

1.1 Od Autora

Na wstępie chciałbym zaznaczyć, że nie jestem astronautą. Pracowałem w Europejskiej Agencji Kosmicznej i mam wykształcenie inżynierskie oraz lotniczo-kosmonautyczne. Ukończyłem Politechnikę Poznańską oraz Lotniczą Akademię Wojskową (wcześniej Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych), a także szereg studiów podyplomowych: Medycynę Ekstremalną, Geofizykę Stosowaną, Zarządzanie Ruchem Lotniczym, Radiobiologię i Chemię Analityczną. Przez ponad 10 ostatnich lat śledziłem proces selekcji i szkolenia astronautów we wszystkich agencjach kosmicznych na świecie. Przeanalizowałem ponad 30 biografii astronautów i osobiście spotkałem 26 ludzi, którzy polecili w kosmos. Wiedza zebrana w taki sposób pozwoliła mi na budowę własnego centrum szkolenia kandydatów na astronautów i stworzenia programu treningów analogicznych do tych, które przechodzą astronauta i kosmonauci NASA, ESA, Roscosmos i innych agencji kosmicznych. Ta książka jest podsumowaniem wielu lat zbierania i porządkowania informacji na temat astronautów. Mam nadzieję, że może kiedyś stojąc na Księżycu albo na Marsie zatelefonujesz do mnie aby podziękować ;)

Analog Astronaut Training Center (<https://www.astronaut.center>) zajmuje się rozwojem bioastronautyki oraz misjami analogowymi. Słowo analogowy w tym kontekście jest powszechnie używaną kalką językową od angielskiego *analogous* (analogiczny). Prowadzimy również działalność edukacyjną i tworzymy sprzęt laboratoryjny do symulowania mikrogravitacji w badaniach naukowych, tj. *Random Positioning Machine* (RPM). Można uczestniczyć w naszych szkoleniach na zasadach komercyjnych. Jesteśmy także zaangażowani w projekt Polskiego Programu Astronautycznego (<http://www.astronauta.pl>).

Chciałbym serdecznie podziękować dr Agacie Kołodziejczyk, z którą wspólnie tworzymy AATC. To dzięki Jej pracy udało się nam tyle osiągnąć. Ogromnym szacunkiem darzę również generała Mirosława Hermaszewskiego, kosmonautę-pilota Soyuz-30, Salut 6 za inspirację, która już w 6 roku życia wskazała mi drogę, którą po dziś dzień

kontynuuję. Panie Generale jest Pan moim bohaterem! Chciałbym również podziękować dr Bogdanowi Wszółkowi (ojciec Agaty Kołodziejczyk) za pokazanie jak ciężką i uczciwą pracą można przenosić góry. Na końcu podziękuję moim przyjaciołom Sebastianowi Pietrowskiemu oraz Krzysztofowi Dębskiemu za "naprostowanie" mojej drogi życiowej i "wychowanie" mnie na profesjonalistę, a także bratu za pokazanie, że można osiągnąć niemożliwe, gdy ciężko się pracuje, a wszyscy, nawet rodzina w ciebie wątpią.

1.2 Wprowadzenie

Eksploatacja leży w naturze człowieka. Podbój nowych lądów na Ziemi pozwolił na znaczne przyspieszenie rozwoju cywilizacji i technologii. Dzięki postępom w nauce, inżynierii i medycynie wydłużyła się średnia długość życia oraz zwiększyła się jego jakość. Załogowe loty kosmiczne to nieunikniona przyszłość ludzkości. Obecnie prowadzone są badania weryfikujące studium wykonalności, a także trwają prace nad opracowywaniem technologii dla misji człowieka na Księżyc i Marsa planowanych odpowiednio na 2028 i 2035 rok.

Historia załogowych lotów kosmicznych sięga roku 1961 gdy 12 kwietnia rosyjski pilot Yuri Gagarin jako pierwszy przekroczył umowną granicę kosmosu, tzw. linię Kármána [Cor04]. Od tego czasu w kosmosie wg. definicji FAI było 565 osób [Ast17]. W tym gronie znajduje się dwunastu amerykańskich astronautów, którzy postawili stopę na innym ciele niebieskim - na Księżycu. W ciągu czterdziestu lat od pierwszego lotu załogowego człowieka na stałe zaczął mieszkać na orbicie. Międzynarodowa stacja kosmiczna jest miejscem codziennej pracy dla sześciu astronautów i kosmonautów, którzy prowadzą badania naukowe w różnych dziedzinach technicznych, inżynierskich, biologicznych i chemicznych. Obecnie średni czas przebywania członka załogi na stacji wynosi sześć miesięcy.

W marcu 2016 Scott Kelly i Michaił Kornijenko powrócili z 340 dniowego pobytu na stacji ISS zapisując się w historii jako nieliczni ludzie z łącznym "nalotem" kosmicznym powyżej jednego roku. Trzy lata później podobnej długości lot odbyła astronautka Christina Koch. Obecnie NASA planuje lot człowieka na Marsa i misje Kelly'ego i Koch były jednym z pierwszych etapów w tym programie. Głównym obszarem zainteresowania naukowców jest zbadanie wpływu mikrogravitacji na ciało ludzkie, układ kostny i mięśniowy, przemieszczenie płynów ustrojowych wewnątrz ciała oraz zmiany zachodzące w psychice ludzkiej podczas długotrwałej izolacji. Podczas pobytu na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) brat Scotta Kelly'ego - Mark, również astronauta NASA, był poddawany identycznym badaniom na Ziemi. Dzięki unikalnej możliwości porównania wyników dwóch bliźniaków jednojajowych, naukowcy amerykańskiej agencji kosmicznej mogli bardzo dokładnie zbadać wpływ powyższych czynników na ciało ludzkie. Cykl adaptacji do grawitacji oraz badania po powrocie, którym byli poddani obaj bracia trwały do końca roku 2016. Wyniki analizy danych nadal są opracowywane [EA18].

Aby rozważyć temat dalszej eksploatacji kosmosu agencje kosmiczne muszą rozwiązać problemy nie tylko medyczne jak wspomniane powyżej, ale również techniczne, tj.:

- efektywne systemy podtrzymywania życia (zamknięty obieg),
- obiegu i filtracji powietrza,
- usuwania dwutlenku węgla z powietrza,
- obiegu wody technicznej i pitnej,
- systemy chłodzenia,
- pozyskiwanie i magazynowanie energii,
- przechowywanie oraz produkcja pożywienia w środowisku mikrogravitacji,
- zadania operacyjne i planowanie misji,
- ochrona przed mikrometeoritami,
- ochrona przed promieniowaniem kosmicznym,
- umiejętność pozyskiwania paliwa raketowego z zasobów na innym ciele niebieskim.

Astronauta muszą być operatorami powyższych systemów. Z Ziemi możliwa jest wyłącznie pomoc zdalna i wsparcie kontrolerów lotów. Aby skutecznie przygotować ekspertów do prowadzenia badań i działań operacyjnych konieczna jest restrykcyjna selekcja oraz trening załogi do pracy w trudnych warunkach pozaziemskiej aktywności. Sam proces podstawowego przeszkolenia załogi trwa obecnie około dwa lata. Następnie astronauta

czekają na przydział do misji wykonując różne zadania na Ziemi (więcej w rozdziale *Przydziały naziemne*). Po uzyskaniu przydziału astronauta przygotowują się do wykonywania specyficznych zadań przez kolejne dwa lata.

Długotrwałe kosmiczne loty załogowe wymagają rozwiązania wielu problemów inżynierskich oraz stworzenia technologii, których aplikacja znajduje się również w innych dziedzinach. Przez inwestycję w sektor kosmiczny państwo rozwija gospodarkę i stymuluje rozwój naukowy. Bezpośrednim przykładem wykorzystania technologii opracowanych w ramach rozwoju programów kosmicznych jest m.in. nawigacja satelitarna, meteorologia, telekomunikacja, telemedycyna i robotyka, urządzenia i aparaty matematyczne tj. filtr Kalmana stworzony na potrzeby programu Apollo znajdują zastosowanie w każdym aspekcie życia i są szeroko używane a ich wpływ jest niewymierny, ulepszone aparaty słuchowe, materace z gąbki termoaktywnej, ergonomiczne fotele w samochodach oraz aerodynamiczne kształty ciężarówek. Na każde 1 euro zainwestowane w segment kosmiczny szacowany jest zwrot na poziomie €6 w postaci dochodów bezpośrednich, pośrednich i indukowanych [ESA12].

Poza kwestiami ekonomicznymi programy kosmiczne pozwalają również na wykształcenie kadry, stworzenie infrastruktury oraz zagospodarowanie przyszłych inżynierów i naukowców edukowanych na uczelniach w kraju. Polska ze względu na brak programu astronautycznego nie posiada obecnie kompetencji w tym temacie. Od czasu przystąpienia do Europejskiej Agencji Kosmicznej 19 listopada 2012 roku kraj posiada mniejszą ilość przedstawicieli niż pozwalałoby na to parytet, którym przy zatrudnianiu kieruje się ESA. Wg. danych działu kadr ESA w roku 2018 było 12 pracowników pochodzenia polskiego.

Sektor prywatny przyspiesza eksplorację kosmosu. Można to zaobserwować na przykładzie rynku amerykańskiego gdzie firmy tzw. "new space" m.in. SpaceX, Blue Origin, Virgin Galactic oraz "old space", tj.: United Launch Alliance, Orbital ATK, Boeing, Lockheed Martin bardzo intensywnie inwestują w rozwój technologii kosmicznych oraz w załogowe loty. Ten trend można obserwować również w Polsce gdzie od czasu przystąpienia Polski do ESA stale powstają i rozwijają się nowe organizacje prywatne. Na koniec roku 2019 mamy już 300 podmiotów gospodarczych w ramach tej branży.

Dzięki komercjalizacji dostępu do przestrzeni kosmicznej i powierzeniu transportu towarów oraz osób na niską orbitę ziemską (ang. *LEO - Low Earth Orbit*) agencje kosmiczne będą w stanie zainwestować czas i pieniądze w eksplorację głębokiej przestrzeni kosmicznej (ang. *deep space*) oraz badania planetarne i R&D (badania i rozwój) materiałów, konstrukcji i technologii, które dla sektora prywatnego nie są źródłem dochodów.

Posiadanie astronautów jest prestiżem na skalę międzynarodową, a rozwój technologii, poziomu nauki i infrastruktury jest z tym skorelowany. W Polsce powstaje załączek programu astronautycznego. Wraz z budową habitatu Lunares w Pile oraz centrum Analog Astronaut Training Center (AATC), które umożliwiają prowadzenie badań nad zachowaniem w izolacji, nad przygotowaniem technologii systemów podtrzymywania życia oraz opracowaniem procedur operacyjnych dla przyszłych załogowych misji księżycowych i marsjańskich. Są to jedyne tego typu laboratoria w Europie oraz jedne z siedmiu na świecie. Polska posiada również dostęp do głębokich basenów, infrastruktury szkolenia z ratownictwa morskiego, kadre składającą się z byłych żołnierzy sił specjalnych gotowych pomóc w szkoleniach przetrwania oraz unikalną i niedawno zmodernizowaną wirówkę przeciążeniową.

Polska jest w stanie partycypować w programie szkolenia astronautów i posiada zasoby aby częściowo przeprowadzić szkolenie astronautów na terenie kraju. Taki wkład mógłby pozwolić uzyskać ulgi przy partycypacji państwa w budżecie załogowych lotów (ang. *HSF - Human Space Flight*) i programu ISS w Europejskiej Agencji Kosmicznej.

Na chwilę obecną polityka głównych agencji kosmicznych skierowana jest w stronę Księżyca i programu Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G) wcześniej znanego jako Deep Space Gateway (DSG) [Ham17]. Program jest następcą Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, która planowo zostanie zdeorbitowana w 2030 roku. Stacja LOP-G jest wspólną inicjatywą: NASA, Rosyjskiej Agencji Kosmicznej - Roskosmos, Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), Kanadyjskiej CSA i Japońskiej JAXA. Stacja orbitalna ma służyć jako laboratorium badań geologicznych i geofizycznych Księżyca, platforma dla załogowych i robotycznych lotów w stronę powierzchni naturalnego satelity oraz jako miejsce rozpoczęcia misji eksplorujących dalsze obiekty układu słonecznego, tj. Mars, Europa i Enceladus. Ponadto Europejska Agencja Kosmiczna (ang. *ESA - European Space Agency*) wraz z Roskosmos planują w 2030 roku [WF15] zbudowanie w okolicach południowego bieguna stałej bazy na Księżycu w ramach tzw. księżycowej wioski (ang. *Moon Village*). Prace przygotowawcze do tego projektu już trwają. Europejskie Centrum Szkolenia Astronautów (ang. *EAC - European Astronaut Centre*) prowadzi projekt "Spaceship EAC" [Spa16], który ma na celu sprawdzenie gotowości obecnych technologii do tego przedsięwzięcia.

Proces wykształcenia astronauty trwa minimum 3-4 lat. ISS zostanie zdeorbitowany w 2030 roku (obecny plan), a wszystkie miejsca dla załogowych lotów na tą stację wkrótce zostaną zaplanowane. Konieczne jest rozpoczęcie już teraz szkolenia kadry dla przyszłych misji na księżyc. Na chwilę obecną, ze względu na brak stworzonej

infrastruktury w żadnej agencji na świecie nie prowadzi się regularnego szkolenia przygotowującego do tego typu lotów.

Dzięki otworzeniu programu przygotowującego do lotów w kosmos, można wymienić następujące korzyści:

- aplikacja technologii wytworzonych w ramach programu załogowych lotów kosmicznych może stymulować ekonomię i gospodarkę,
- rozwój infrastruktury i kadry szkoleniowej,
- stworzenie kompetencji w ramach załogowych lotów kosmicznych i medycyny kosmicznej,
- współpraca z sektorem prywatnym,
- wykorzystanie parytetu reprezentacyjnego w ESA,
- stworzenie w Europie habitatu - wkład w przyszłe misje załogowe na Księżyc i Mars,
- udział w programie oraz stworzenie infrastruktury szkoleniowej pozwalającej na odbycie części szkolenia astronautów na terytorium kraju,
- prestiż na arenie międzynarodowej ze względu na fakt posiadania astronauty,
- działalność edukacyjna i popularyzująca naukę, inspiracja dzieci i młodzieży do podjęcia studiów i kariery w obszarze S.T.E.M.,
- rozwój m.in. nauki, medycyny i robotyki.

1.3 Metoda, techniki badawcze oraz procedura analizy

Praca jest próbą analizy jakościowej procesów szkolenia astronautów w wybranych agencjach kosmicznych, tj. NASA, ESA, CSA, JAXA, Roskosmos i CNSA wraz z przeglądem infrastruktury szkoleniowej. W trakcie opracowywania materiałów niniejszej publikacji autor, korzystając z faktu, iż był etatowym pracownikiem Europejskiej Agencji Kosmicznej miał możliwość dokładnej analizy procesów oraz przeprowadzenia rozmów z astronautami, dyrektorem ds. lotów załogowych i eksploracji robotycznej (ang. *HRE - Human Spaceflight and Robotic Exploration*), kontrolerami lotów jak również z trenerami astronautów.

Programy kosmiczne były dotychczas prowadzone głównie przez dwa państwa USA i Federację Rosyjską (wcześniej Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich). ZSRR był inicjatorem współpracy międzynarodowej. W ramach programu Interkosmos polecili pierwsi kosmonauci niebędący obywatelami wyżej wymienionych państw, a generał Hermaaszewski został pierwszym Polakiem, który tego dokonał.

Podczas selekcji kosmonauci i astronauta wybierani byli głównie ze względu na doświadczenie w pilotażu, chociaż pojawiały się również grupy osób z innych specjalności tj. inżynieria, nauka, medycyna jak również nauczyciele. Wraz z rozwojem technologicznym pozwalającym na autonomiczne prowadzenie statków kosmicznych i ich dokowanie, oraz wraz ze zwiększającą się liczbą startów, stabilizacją i bezpieczeństwem lotów jak i pobytu w kosmosie nacisk na doświadczenie pilotażowe kandydata maleje. Chociaż piloci to wciąż wysoko cenieni specjaliści, to ilość badań, ich złożoność oraz specyfika promuje profil kandydatów z wykształceniem naukowym lub inżynierskim. Jednocześnie na uwagę zasługuje fakt, iż w większości przydziałów do misji, osoby które udawały się w kosmos były szkolone do prowadzenia badań wychodzących poza zakres swojej specjalizacji, co silnie promuje osoby wszechstronne.

Na podstawie dominujących cech wśród astronautów analizowanych programów w ramach proponowanego celu pracy kandydaci powinni cechować się multidyscyplinarnością, umiejętnością pracy w grupie oraz prowadzenia badań wychodzących z zakresu specjalizacji, gdyż to właśnie te elementy dominowały przy wyborze, szkoleniu i odbywaniu misji.

Procesowi analizy poddano każdy etap selekcji, szkolenia do długotrwałych lotów kosmicznych oraz EVA jak również infrastruktura naziemna i kosmiczna. Na podstawie porównania z literaturą naukową, rozmów z ww. osobami oraz próbie odtworzenia procesu szkolenia astronautów w ramach załączka programów załogowych w Polsce (za co autor wraz z dr Agatą Kołodziejczyk otrzymał medal Kopernikański) wybrano kluczowe elementy w procesie. Ponadto korzystając z empirycznego poznania procesu od środka w ramach dwóch symulacji Księżycowych i jednej Marsjańskiej i uczestniczeniu w części szkolenia astronautycznego autor może przekazać subiektywne odczucia w doborze parametrów jakościowych.

W ramach badań poddano analizie NASA, ESA, CSA, JAXA, Roskosmos i CNSA wraz z ich obecnym oraz historycznym programem selekcji i szkolenia. Przeanalizowano również profile wszystkich 565 osób, które przekroczyły umowną granicę kosmosu, tzw. linię Kármána. Wzięto pod uwagę dane z lotów krótkich, długotrwałych oraz księżycowych jak również dane z EVA. Ponadto zestawiono informacje dotyczące infrastruktury naziemnej oraz lotniczej.

1.4 Definicje

Agencje kosmiczne nazywają osoby wysyłane w kosmos w różny sposób. W większości przypadków jest to tłumaczenie lub analogia do frazy "osoba nawigująca w kosmosie" lub "osoba nawigująca w między gwiazdami". W celu uproszczenia w poniższej pracy przyjmuje stosowanie nazewnictwa w języku polskim dla wszystkich nazw profesji. Ponadto słowo astronauta będzie wykorzystane jako zamiennik pozostałych. Tab. 1.1 prezentuje konwencje przyjęte przez poszczególne agencje.

Tab. 1.1: Konwencje nazewnictwa stanowiska osoby lecącej w kosmos w wybranych agencjach kosmicznych

Nazwa w oryginalne	Nazwa w alfabecie łacińskim	Znaczenie w języku polskim	Agencja	Komentarz
astronaut	astronaut	astronauta	NASA, ESA i JAXA	
spationaut	spationaut	kosmonauta	CNES	Rzadziej używane niż astronauta
	cosmonaut	kosmonauta	Roscosmos	
(trad.) / (simpl.)	taikonaut	tajkonauta	CNSA	Używane w dokumentach w języku innym niż Chiński
	háng tiān yuán	nawigujący w przestrzeni	CNSA	Używane w języku chińskim w odniesieniu do Chińskich astronautów
(trad.) / (simpl.)	yǔ háng yuán	nawigujący w przestrzeni	CNSA	Używane w języku chińskim w odniesieniu do astronautów innych narodowości

Problematyczna jest kwestia nazwy "kosmicznych nawigatorów" przyjętej przez Chińską Agencję Kosmiczną. W języku angielskim popularnie wykorzystywana stała się nazwa "taikonaut", która jest zbitką słów oznaczających w języku chińskim przestrzeń kosmiczną z dodanym sufiksem *naut* (gr. żeglarz). Nazwa ta stanowi analogię do nazewnictwa kosmonautów, astronautów itp. Podobnie przyjęło się używać terminu "vyomanaut" w stosunku do Indyjskiego personelu. W chińskich oficjalnych dokumentach i prasie stosowane jest słowo "yǔ háng yuán" lub "háng tiān yuán" nie stanowiące połączenia dwóch języków.

Na osobny komentarz zasługuje nazwa tej książki, która ze względu na specyfikę tematu jest trudna do przetłumaczenia na język polski. Angielska wersja tematu oddaje precyzyjniej charakter pracy "Astronaut Selection and Training Process for Long-Duration Space Flight and Extravehicular Activity". Termin *Extravehicular Activity* (EVA) odnosi się do aktywności astronautów poza statkiem lub habitatem kosmicznym. Więcej na ten temat w rozdziale *Szkolenie EVA*. Znaczenie tytułu pracy: "selekcja i proces szkolenia astronautów do długotrwałych lotów oraz spacerów kosmicznych" należy więc rozpatrywać jako "selekcja i proces szkolenia osób lecących na długotrwały lot kosmiczny, oraz przygotowanie do spacerów kosmicznych".

Niniejsza książka jest próbą analizy procesu szkolenia astronautów przez różne agencje kosmiczne do długotrwałych lotów kosmicznych w tym docelowo do stałej obecności człowieka na Księżycu, Marsie i dalszej eksploracji kosmosu.

Historia astronautyki

Programy kosmiczne były dotychczas prowadzone głównie przez dwa państwa USA i Federację Rosyjską (wcześniej Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich). ZSRR był inicjatorem współpracy międzynarodowej. W ramach programu Interkosmos polecili pierwsi kosmonauci niebędący obywatelami wyżej wymienionych mocarstw, a generał Hermaszewski został pierwszym Polakiem, który tego dokonał.

Podczas selekcji kosmonauci i astronauta wybierani byli głównie ze względu na doświadczenie w pilotażu, chociaż pojawiały się również grupy osób z innych specjalności tj. inżynieria, nauka, medycyna jak również nauczyciele.

Wraz z rozwojem technologicznym pozwalającym na autonomiczne prowadzenie statków kosmicznych i ich dokowanie, oraz wraz ze zwiększającą się liczbą startów, zwiększaniem stabilizacji i bezpieczeństwa lotów jak i pobytu w kosmosie nacisk na doświadczenie pilotażowe kandydata maleje. Chociaż piloci to wciąż wysoko cenieni specjaliści, to ilość badań, ich złożoność oraz specyfika promuje profil kandydatów z wykształceniem naukowym lub inżynierskim. Jednocześnie na uwagę zasługuje fakt, iż w większości przydziałów do misji, osoby które udawały się w kosmos były szkolone do prowadzenia badań wychodzących poza zakres swojej specjalizacji, co silnie promuje osoby wszechstronne.

Na podstawie dominujących cech wśród astronautów analizowanych programów w ramach proponowanego celu pracy kandydaci powinni cechować się multidyscyplinarnością, umiejętnością pracy w grupie oraz prowadzenia badań wychodzących z poza zakresu specjalizacji, gdyż to właśnie te elementy dominowały przy wyborze, szkoleniu i odbywaniu misji.

Poniżej przedstawiono zestawienie największych programów astronautycznych i kosmonautycznych USA oraz Federacji Rosyjskiej (byłego ZSRR).

2.1 Rys historyczny załogowych lotów kosmicznych

2.1.1 Pionierzy kosmonautyki

Erę raketową rozpoczęła publikacja w 1903 roku tzw. wzoru Ciołkowskiego określającego prędkość rakiety zmieniającej masę (zużywającej paliwo podczas lotu). Wzór ten został opublikowany w książce "Badanie przestrzeni świata przy pomocy urządzeń odrzutowych" [67]. Do pierwszych pionierów kosmonautyki wykorzystujących podstawy teoretyczne stworzone przez Ciołkowskiego zalicza się:

- dr Robert H. Goddard (USA),
- Siergiej Korolew (ZSRR),

- Hermann Oberth (Niemcy),
- Robert Albert Charles Esnault-Pelterie (Francja).

Wyżej wymienieni naukowcy i inżynierowie prowadzili badania zarówno nad materiałami pędnymi, paliwami stałymi i ciekłymi oraz aerodynamiką rakiet. 16 marca 1926 roku Robert H. Goddard pomyślnie wystrzelił pierwszą na świecie raketę napędzaną na paliwo ciekłe [God16].

Podczas II wojny światowej prowadzono wiele badań wykorzystujących paliwo płynne. Stworzona przez Wernera von Brauna rakietą "Vergeltungswaffe 2" znana jako V-2 była pierwszą na świecie raketą dalekiego zasięgu. Wykorzystywana głównie jako broń do bombardowania miast sojuszu alianckiego posłużyła również do testu, w którym po raz pierwszy udało się przekroczyć linię Karmana, tj. osiągnąć przestrzeń kosmiczną.

2.1.2 Wyścig kosmiczny i krótki rys historyczny załogowych lotów kosmicznych

Po drugiej wojnie światowej wyścig zbrojeń przerodził się w tzw. zimną wojnę pomiędzy Stanami Zjednoczonymi Ameryki i Związkiem Socjalistycznych Republik Radzieckich. Za oficjalną datę rozpoczęcia wyścigu kosmicznego (ang. *Space Race*) przyjmuje się dzień 2 sierpnia 1955 roku. Tego dnia Związek Radziecki odpowiedział na ogłoszoną przez rząd USA cztery dni wcześniej deklarację zamiaru wystrzelenia sztucznego satelity z okazji międzynarodowego roku geofizyki [Cad06].

Wystrzelony 4 października 1957 należący do ZSRR Sputnik został pierwszym sztucznym satelitą Ziemi. To wydarzenie zapoczątkowało serię sukcesów Związku Socjalistycznych Republik Radzieckich w kosmosie, do których należały:

- pierwsze wystrzelenie zwierzęcia (pies Łajka, 3 październik 1957),
- pierwsze bezałogowe lądowanie na Księżycu (Luna 2, 13 września 1959) [She69],
- wystrzelenie oraz orbitowanie pierwszego człowieka (J. Gagarin, 12 kwietnia 1961),
- pierwsza lot orbitalny trwający ponad dobę (G. Titow, 6 sierpnia 1961),
- pierwsza kobieta w kosmosie (W. Tierieszkowa, 16 Czerwiec 1963),
- pierwszy spacer kosmiczny (A. Leonow, 18 marzec 1965),
- pierwsze zwierzęta orbitujące Księżyc, które powróciły na Ziemię (Zond 5, 15 września 1968) [Sid00].

Pierwszym zwierzęciem, które przekroczyło linię graniczną kosmosu był pies Łajka wystrzelony za pomocą rakiety Sputnik 8K71PS w kapsule Sputnik-2 [Sid00]. Ze względu na wysoką temperaturę spowodowaną uszkodzeniem i niepełnym rozczepieniem członu rakiety od satelity zwierzę zdechło po kilku godzinach od startu. Pies planowo miał żyć na orbicie 10 dni. Po 162-óch dniach (około 2000 orbit) kapsuła z martwym ciałem weszła w atmosferę i spłonęła [Har97].

Pierwszym człowiekiem w kosmosie był major Jurij Gagarin (awansowany później na pułkownika). Gagarin był jednym z 20 osób, które zostały wybrane wśród pilotów wojskowych Związku Radzieckiego. Major wyróżniał się wytrzymałością, duchem oraz doświadczeniem [Sid00]. Gagarin został wystrzelony przez Związek Radziecki 12 kwietnia 1961 w 108 minutowy lot orbitalny wokół Ziemi na pokładzie Vostok-1. Po okrążeniu Ziemi wszedł ponownie w atmosferę wg. tzw. krzywej balistycznej cechującej się wysokim poziomem przeciążeń działających na ciało kosmonauty. Ze względu na fakt, iż Radzieccy konstruktorzy nie dysponowali jeszcze techniką aby bezpiecznie wylądować statkiem kosmicznym na ziemi zdecydowano się na użycie fotela katapultowego i spadochronu. Na poziomie 20 000 stóp nad poziomem morza (ok. 6 tys. metrów) Gagarin katapultował się z kapsuły i za pomocą spadochronu bezpiecznie wylądował na terytorium ZSRR [Why10].

Amerykańską odpowiedzią na plan wysłania człowieka w kosmos był program Mercury. W trakcie selekcji do programu wybrano siedmiu astronautów. 5 maja 1961 Alan Shepard jako pierwszy Amerykanin poleciał w kosmos. 12 września 1962. Pół roku po locie Sheparda, prezydent Stanów Zjednoczonych Ameryki J. F. Kennedy wygłosił mowę na Uniwersytecie Rice, w której zmobilizował naród i postawił cel, aby "do końca dekady człowiek postawił nogę na Księżycu i bezpiecznie wrócił na Ziemię" [Ken62]. Cel ten udało się zrealizować w 1969 roku, gdy amerykański astronauta Neil Armstrong stanął na naturalnym satelicie Ziemi. Do najważniejszych amerykańskich programów należą:

- project Mercury,

- project Gemini,
- project Apollo,
- project Skylab (Apollo Application),
- program Space Shuttle,
- uczestnictwo w programie ISS.

Związek Socjalistycznych Republik Radzieckich wiódł prym w tematach kosmicznych i do czasu pierwszych kroków Neila Armstronga technologia radziecka była uważana za dominującą. Programy załogowe ZSRR charakteryzowały się dużą złożonością i zróżnicowaniem. Wśród najważniejszych programów ZSRR i późniejszej Federacji Rosyjskiej można wymienić:

- program Wostok,
- program Woschod,
- program Sojuz i Progress,
- program Księżycowy (N1-L3),
- program Salut,
- program Interkosmos,
- program Buran,
- stacja kosmiczna Mir,
- uczestnictwo w programie ISS.

Ze względu na obecny plan powrotu człowieka na Księżyc warto w szczególności przyjrzeć się programowi Apollo oraz N1-L3. W ramach tych misji i całego cyklu przygotowania do lotów stworzone zostały mechanizmy, procedury oraz infrastruktura szkoleniowo-badawcza. Część technologii i opracowań, które w 1969 roku pozwoliły człowiekowi stanąć na powierzchni Księżyca wciąż są aktualne i mogą być wykorzystane przy szkoleniu astronautów do przyszłych misji na inne ciała niebieskie.

2.2 Programy kosmiczne USA

2.2.1 Program Merkury

Głównym celem projektu Merkury trwającego od 1958 do 1963 było wyniesienie pierwszego obywatela USA w przestrzeń kosmiczną. Program ten wykorzystywał technologię opracowaną przez US Army tj. rakiety Redstone i w późniejszej fazie rakiety interkontynentalne Atlas LV-3B stworzone dla US Air Force [SJrGA66], [Mad13], [Wol79].

Program Merkury zakładał wysłanie zwierzęcia przed pierwszym lotem człowieka. Ze względu na 98,4% podobieństwa DNA szympansa i człowieka wybrano ten gatunek naczelnych. Szympansa nazywał się HAM co jest skrótem od Holloman Aerospace Medical Center, zlokalizowanego w Holloman Air Force Base w New Mexico w USA [SJrGA66], [Hum16].

W dniu 9 kwietnia 1959, NASA przedstawiła pierwszą grupę astronautów tzw. "Mercury 7" (Ryc. 2.1). Nazwiska astronautów, znak wywoławczy oraz datę wystrzelenia przedstawia tabela Tab. 2.1:

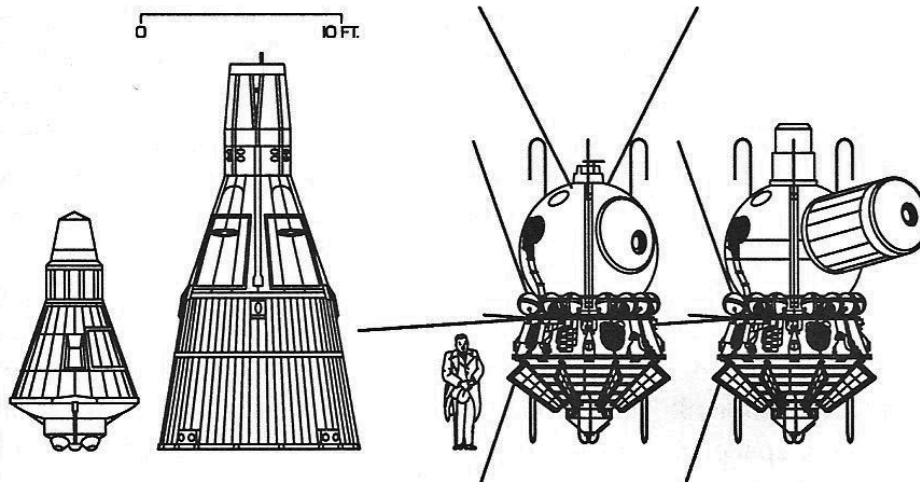
Z przyczyn zdrowotnych Deke Slayton został zdyskwalifikowany z udziału w programie Merkury i uziemiony. Przez trzynaście lat od czasu pierwszego lotu Sheparda, Deke Slayton kierował *Astronauts Office* (ang. biurom astronautów i przydziału do misji), które zostało przemianowane później na *Flight Crew Operations Office* (ang. biuro operacji personelu latającego). Slayton po ostatecznym przejściu badań medycznych wziął udział w ostatnim locie programu Apollo tj. Apollo-Sojuz. W tym locie doszło do historycznego dokowania na orbicie okołoziemskiej statków Apollo i Sojuz oraz do symbolicznego uściśnięcia dłoni przedstawicieli USA i ZSRR [Gri14], [SJrGA66].

Tab. 2.1: Astronauci programu Mercury wraz z czasem lotu oraz znakiem wywoławczym kapsuły [Slayton1994]

Astronauta	Nazwa kapsuły	Data	Czas lotu
Alan Shepard	Freedom 7	1961-05-05	15m 22s
Gus Grissom	Liberty Bell 7	1961-07-21	15m 37s
John Glenn	Friendship 7	1962-02-20	4h 55m 23s
Scott Carpenter	Aurora 7	1962-05-24	4h 56m 5s
Wally Schirra	Sigma 7	1962-10-03	9h 13m 15s
Gordon Cooper	Faith 7	1963-05-15	1d 10h 19m 49s
Deke Slayton	Apollo-Soyuz	1974-07-15	5d 22h 30m



Ryc. 2.1: Astronauci programu Mercury tzw. "Original Seven". Pierwszy rząd, od lewej do prawej: Walter M. Schirra, Jr., Donald K. "Deke" Slayton, John H. Glenn, Jr., and M. Scott Carpenter; tylny rząd, Alan B. Shepard, Jr., Virgil I. "Gus" Grissom, L. Gordon Cooper, Jr. źródło: NASA [NAS59].



Ryc. 2.2: Schemat porównawczy statków Mercury, Gemini, Wostok i Voschod. Źródło: Wikipedia

2.2.2 Program Gemini

W celu sprostania wymaganiom postawionym przez prezydenta J. F. Kennedy'ego dotyczącego wysłania człowieka na Księżyc konieczne było stworzenie programu pomostowego pomiędzy programami Mercury oraz Apollo. Celem programu miało być stworzenie i przetestowanie technologii umożliwiającej realizację lotu księżycowego, tj.:

- demonstracja wytrzymałości człowieka i ekwipunku w lotach kosmicznych trwających od 8 do 14 dni,
- zbliżenie i dokowanie (ang. *Rendezvous and docking*) dwóch statków kosmicznych oraz manewrowanie połączonym zespołem na orbicie używając systemu napędowego dokowanego pojazdu,
- demonstracja spacerów kosmicznych (ang. *EVA - Extra-Vehicular Activity*) na zewnątrz pojazdu wraz z pokazaniem możliwości wykonywania operacji przez astronautę w ciśnieniowym skafandrze [McD65],
- udoskonalenie procedury wejścia w atmosferę (ang. *re-entry*) i precyzyjnego lądowania w określonym miejscu [Kra01].

Amerykańska agencja kosmiczna NASA podczas projektu Gemini przeprowadziła dwa nabory na astronautów (Ryc. 2.3, Ryc. 2.4).

Podczas przygotowań do misji Gemini 12 amerykański astronauta Buzz Aldrin jako pierwszy wykorzystał techniki nurkowania w celu symulacji spacerów kosmicznych co zapoczątkowało rozpoczęcie badań i stworzenie ośrodków pływalności neutralnej (ang. *NBL - Neutral Buoyancy Laboratory*).

Tab. 2.2: Astronauci programu Gemini [Slayton1994]

Selekcja	Astronauta	Służba	Pierwszy lot	Drugi lot
1 (Mercury)	Gordon L., Cooper	Air Force	Gemini V	
1 (Mercury)	Virgil Gus Grissom	Air Force	Gemini III	
1 (Mercury)	Walter M. Schirra	Navy	Gemini VI-A	
2 (Gemini)	Neil A. Armstrong	Civilian	Gemini VIII	
2 (Gemini)	Frank Borman	Air Force	Gemini VII	
2 (Gemini)	Charles Pete Conrad	Navy	Gemini V	Gemini XI
2 (Gemini)	James A. Lovell	Navy	Gemini VII	Gemini XII
2 (Gemini)	James A. McDivitt	Air Force	Gemini IV	
2 (Gemini)	Thomas P. Stafford	Air Force	Gemini VI-A	Gemini IX-A
2 (Gemini)	Edward H. White II	Air Force	Gemini IV	
2 (Gemini)	John W. Young	Navy	Gemini III	Gemini X
3 (Gemini)	Edwin Buzz Aldrin	Air Force	Gemini XII	
3 (Gemini)	Eugene A. Cernan	Navy	Gemini IX-A	
3 (Gemini)	Michael Collins	Air Force	Gemini X	
3 (Gemini)	Richard F. Gordon	Navy	Gemini XI	
3 (Gemini)	David R. Scott	Air Force	Gemini VIII	



Ryc. 2.3: Astronauci pierwszego naboru do programu Gemini. Rząd z tyłu, od lewej: See, McDivitt, Lovell, White, Stafford. Rząd z przodu: Conrad, Borman, Armstrong, Young. Źródło: NASA/JSC



Ryc. 2.4: Astronauci drugiego naboru do programu Gemini. Rząd z tyłu, od lewej: Collins, Cunningham, Eisele, Freeman, Gordon, Schweickart, Scott, Williams. Rząd z przodu: Aldrin, Anders, Bassett, Bean, Cernan, Chaffee. Źródło: NASA/JSC

2.2.3 Program Apollo

Najbardziej ambitnym programem w historii astronautyki był program Apollo. W ciągu niespełna dekady udało się opracować technologię oraz procedury pozwalające człowiekowi stanąć na powierzchni Księżyca i bezpiecznie powrócić na Ziemię. Program Apollo był próbą realizacji oświadczenia prezydenta USA J. F. Kennedy'ego z 12 września 1962 roku [Ken62].

Każda z misji programu Apollo cechowała się innym zadaniem w zależności od kategorii do której była przydzielona [EM07]. Tab. 2.5 przedstawia typy misji oraz opis każdej z kategorii.

Krótką charakterystyką misji Apollo:

- Apollo 1 - pożar przy rutynowym teście, załoga poniosła śmierć,
- Apollo 7 - pierwszy start rakiety Saturn V z astronautami w module dowodzenia (ang. *Command Module*) [Eis17], [Cun10],
- Apollo 8 - pierwsze orbitowanie Księżyca, ikoniczne zdjęcie wschodu Ziemi (ang. *Lunar Earthrise*),
- Apollo 10 - pełny test do misji typu G, zbliżenie się na 8.4 NM (15.6 km) do Księżyca,
- Apollo 11 - pierwsze lądowanie na Księżycu,
- Apollo 12 - najbardziej dokładne lądowanie w programie Apollo, przejęcie kamery lądownika Surveyor 3, który lądował dwa lata wcześniej (20 kwietnia 1967),
- Apollo 13 - wybuch zbiornika z tlenem i dramatyczna walka z czasem aby sprowadzić załogę na Ziemię,
- Apollo 14 - najstarszy astronauta na Księżycu, pierwsza gra w golfa,
- Apollo 15 - pierwsze wykorzystanie pojazdu na powierzchni Księżyca,
- Apollo 16 - pierwsza misja trzydniowa na Księżycu (typ J)
- Apollo 17 - ostatnie lądowanie na Księżycu (pierwsza misja w której brał udział naukowiec - geolog), ikoniczne zdjęcie Ziemi z daleka (ang. *Blue Marble*) [Cer00],
- Apollo-Soyuz Test Project - ostatnia misja programu, podczas której doszło do dokowania na orbicie statków Apollo oraz Sojuz i historycznego uścisku dłoni między reprezentantami dwóch mocarstw.



Ryc. 2.5: Astronauci pierwszego naboru do programu Apollo. Back, Swigert, Pogue, Evans, Weitz, Irwin, Carr, Roosa, Worden, Mattingly, Lousma. Front, Givens, Mitchell, Duke, Lind, Haise, Engle, Brand, Bull, McCandless.
Źródło: NASA/JSC

Tab. 2.3: Astronauci programu Apollo [Slayton1994]

Imię i nazwisko	Służba	Data urodzenia	Wiek	Misja	Funkcja
Virgil I. Gus Grissom	Air Force	1926-04-03	40y 9m 24d	Apollo 1	CMDR
Edward H. White	Air Force	1930-11-14	36y 2m 13d	Apollo 1	Senior Pilot
Roger B. Chaffee	Navy	1935-02-15	31y 11m 12d	Apollo 1	Pilot
Walter M. Schirra	Navy	1923-03-12	45y 6m 29d	Apollo 7	CMDR
Donn F. Eisele	Air Force	1930-06-23	38y 3m 18d	Apollo 7	CMP
Walter R. Cunningham	Marines	1932-03-16	36y 6m 25d	Apollo 7	LMP
Frank Borman	Air Force	1928-03-14	40y 9m 8d	Apollo 8	CMDR
Jim Lovell	Navy	1928-03-25	40y 8m 27d	Apollo 8	CMP
Bill Anders	Air Force	1933-10-17	35y 2m 5d	Apollo 8	LMP
James A. McDivitt	Air Force	1929-06-10	39y 8m 22d	Apollo 9	CMDR
David R. Scott	Air Force	1932-06-06	36y 8m 26d	Apollo 9	CMP
Russell L. Schweickart	Air Force	1935-10-25	33y 4m 7d	Apollo 9	LMP
Tom Stafford	Air Force	1930-09-17	38y 8m 2d	Apollo 10	CMDR
John Young	Navy	1930-09-24	38y 7m 25d	Apollo 10	CMP
Eugene Cernan	Navy	1934-03-14	35y 2m 5d	Apollo 10	LMP
Michael Collins	Air Force	1930-10-31	38y 8m 17d	Apollo 11	CMP
Neil Armstrong	NASA	1930-08-05	38y 11m 15d	Apollo 11	CMDR
Buzz Aldrin	USAF	1930-01-20	39y 6m 0d	Apollo 11	LMP
Dick Gordon	Navy	1929-10-05	40y 1m 10d	Apollo 12	CMP
Pete Conrad	Navy	1930-06-02	39y 5m 17d	Apollo 12	CMDR
Alan Bean	Navy	1932-03-15	37y 8m 4d	Apollo 12	LMP
Jim Lovell	Navy	1928-03-25	42y 18d	Apollo 13	CMDR
Jack Swigert	NASA	1931-08-30	38y 7m 13d	Apollo 13	CMP
Fred Haise	NASA	1933-11-14	36y 4m 29d	Apollo 13	LMP
Stu Roosa	Air Force	1933-08-16	37y 5m 16d	Apollo 14	CMP
Alan Shepard	Navy	1923-11-18	47y 2m 18d	Apollo 14	CMDR
Edgar Mitchell	Navy	1930-09-17	40y 4m 19d	Apollo 14	LMP
Al Worden	Air Force	1932-02-07	39y 5m 20d	Apollo 15	CMP
David Scott	Air Force	1932-06-06	39y 1m 25d	Apollo 15	CMDR
James Irwin	Air Force	1930-03-17	41y 4m 14d	Apollo 15	LMP
Ken Mattingly	Navy	1936-03-17	36y 1m	Apollo 16	CMP
John Young	Navy	1930-09-24	41y 6m 28d	Apollo 16	CMDR
Charles Duke	Air Force	1935-10-03	36y 6m 18d	Apollo 16	LMP
Ron Evans	Navy	1933-11-10	39y 28d	Apollo 17	CMP

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 2.3 – kontynuacja poprzedniej strony

Imię i nazwisko	Służba	Data urodzenia	Wiek	Misja	Funkcja
Eugene Cernan	Navy	1934-03-14	38y 9m 7d	Apollo 17	CMDR
Harrison Schmitt	NASA	1935-07-03	37y 5m 8d	Apollo 17	LMP

Tab. 2.4: Przydział do misji i daty lotu oraz lądowania na księżycu [Slayton1994], [French2007], [Aldrin2009]

Imię i nazwisko	Misja	Funkcja	Początek Misji	Koniec Misji	Lądowanie na Księżycu	Długość pobytu	Długość LEVA	Miejsce Lądowania
Virgil I. Gus Grissom	Apollo 1	CMDR	1967-01-27	śmierć w pożarze	n/d	n/d	n/d	n/d
Edward H. White	Apollo 1	Senior Pilot	1967-01-27	śmierć w pożarze	n/d	n/d	n/d	n/d
Roger B. Chaffee	Apollo 1	Pilot	1967-01-27	śmierć w pożarze	n/d	n/d	n/d	n/d
Walter M. Schirra	Apollo 7	CMDR	1968-10-11	1968-10-22	n/d	n/d	n/d	n/d
Donn F. Eisele	Apollo 7	CMP	1968-10-11	1968-10-22	n/d	n/d	n/d	n/d
Walter R. Cunningham	Apollo 7	LMP	1968-10-11	1968-10-22	n/d	n/d	n/d	n/d
Frank Borman	Apollo 8	CMDR	1968-12-21	1968-12-27	n/d	n/d	n/d	n/d
Jim Lovell	Apollo 8	CMP	1968-12-21	1968-12-27	n/d	n/d	n/d	n/d
Bill Anders	Apollo 8	LMP	1968-12-21	1968-12-27	n/d	n/d	n/d	n/d
James A. McDivitt	Apollo 9	CMDR	1969-03-03	1969-03-13	n/d	n/d	n/d	n/d
David R. Scott	Apollo 9	CMP	1969-03-03	1969-03-13	n/d	n/d	n/d	n/d
Russell L. Schweickart	Apollo 9	LMP	1969-03-03	1969-03-13	n/d	n/d	n/d	n/d
Tom Stafford	Apollo 10	CMDR	1969-05-18	1969-05-26	n/d	n/d	n/d	n/d
John Young	Apollo 10	CMP	1969-05-18	1969-05-26	n/d	n/d	n/d	n/d
Eugene Cernan	Apollo 10	LMP	1969-05-18	1969-05-26	n/d	n/d	n/d	n/d
Michael Collins	Apollo 11	CMP	1969-07-16	1969-07-24	n/d	n/d	n/d	n/d
Neil Armstrong	Apollo 11	CMDR	1969-07-16	1969-07-24	1969-07-21	21h 31m	2h 31m	Sea of Tranquility
Buzz Aldrin	Apollo 11	LMP	1969-07-16	1969-07-24	1969-07-21	21h 31m	2h 31m	Sea of Tranquility
Dick Gordon	Apollo 12	CMP	1969-11-14	1969-11-24	n/d	n/d	n/d	n/d

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 2.4 – kontynuacja poprzedniej strony

Imię i nazwisko	Misja	Funkcja	Początek Misji	Koniec Misji	Łądowanie na Księżycu	Długość pobytu	Długość LEVA	Miejsce Łądowania
Pete Conrad	Apollo 12	CMDR	1969-11-14	1969-11-24	1969-11-19	1d 7h 31m	7h 45m	Ocean of Storms
Alan Bean	Apollo 12	LMP	1969-11-14	1969-11-24	1969-11-19	1d 7h 31m	7h 45m	Ocean of Storms
Jim Lovell	Apollo 13	CMDR	1970-04-11	1970-04-17	n/d	n/d	n/d	n/d
Jack Swigert	Apollo 13	CMP	1970-04-11	1970-04-17	n/d	n/d	n/d	n/d
Fred Haise	Apollo 13	LMP	1970-04-11	1970-04-17	n/d	n/d	n/d	n/d
Stu Roosa	Apollo 14	CMP	1971-01-31	1971-02-09	n/d	n/d	n/d	n/d
Alan Shepard	Apollo 14	CMDR	1971-01-31	1971-02-09	1971-02-05	1d 9h 30m	9h 21m	Fra Mauro
Edgar Mitchell	Apollo 14	LMP	1971-01-31	1971-02-09	1971-02-05	1d 9h 30m	9h 21m	Fra Mauro
Al Worden	Apollo 15	CMP	1971-07-26	1971-08-07	n/d	n/d	n/d	n/d
David Scott	Apollo 15	CMDR	1971-07-26	1971-08-07	1971-07-31	2d 18h 55m	18h 33m	Hadley Rille
James Irwin	Apollo 15	LMP	1971-07-26	1971-08-07	1971-07-31	2d 18h 55m	18h 33m	Hadley Rille
Ken Mattingly	Apollo 16	CMP	1972-04-16	1972-04-27	n/d	n/d	n/d	n/d
John Young	Apollo 16	CMDR	1972-04-16	1972-04-27	1972-04-21	2d 23h 02m	20h 14m	Descartes Highlands
Charles Duke	Apollo 16	LMP	1972-04-16	1972-04-27	1972-04-21	2d 23h 02m	20h 14m	Descartes Highlands
Ron Evans	Apollo 17	CMP	1972-12-07	1972-12-19	n/d	n/d	n/d	n/d
Eugene Cernan	Apollo 17	CMDR	1972-12-07	1972-12-19	1972-12-11	3d 2h 59m	22h 04m	Taurus-Littrow
Harrison Schmitt	Apollo 17	LMP	1972-12-07	1972-12-19	1972-12-11	3d 2h 59m	22h 04m	Taurus-Littrow

Tab. 2.5: Typy misji w ramach programu Apollo [Ertel2007]

Typ	Załoga?	Orbita?	Liczba LEVA	Misja Apollo	Opis
A	nie	Niska Orbita Ziemska	0	Apollo 4, Apollo 6	Test Saturn V i CSM
B	nie	Niska Orbita Ziemska	0	Apollo 5	Test LM
C	tak	Niska Orbita Ziemska	0	Apollo 7	Test CSM
D	tak	Niska Orbita Ziemska	0	planowany Apollo 8, polecał Apollo 9	Test CSM i LM
E	tak	Średnia Orbita Ziemska	0	brak lotów	Test CSM i LM, symulowana misja księżycowa na eliptycznej orbicie MEO apogeum 3,500 NM (6,500 km)
F	tak	Niska Orbita Księżycza	0	Apollo 10	Test CSM i LM, próba generalna przed lądowaniem
G	tak	Lądowanie na Księżycu	1	Apollo 11	Pierwsze lądowanie załogowe na Księżycu
H	tak	Pobyt na księżycu 2 dni	2	Apollo 12, Apollo 13 (planowany), Apollo 14	Precyzyjne lądowanie
I	tak	Pobyt na księżycu 2 dni	3	Scalono z misjami J	badania na orbicie Księżycza, Scientific Instrument Module
J	tak	Pobyt na księżycu 3 dni	3	Apollo 15 (planowany H, zamieniono na J), Apollo 16, Apollo 17, Apollo 18, 19, 20 (planowane jako J)	Extended LM, Lunar Roving Vehicle

2.2.4 Program Skylab

Głównym obiektem zainteresowania kolejnych programów NASA było zagospodarowanie niskiej orbity okołoziemskiej (ang. *LEO - Low Earth Orbit*). Jeszcze w trakcie ostatnich misji programu Apollo został powołany Apollo Applications Program (AAP), którego celem było stworzenie planu wykorzystania technologii wytworzonych na potrzeby misji księżycowych w dalszej eksploracji kosmosu [EM07]. Pierwszym głównym programem realizującym nową strategię był Skylab (1973-1979). Jego głównym założeniem była budowa stacji kosmicznej i test wpływu długotrwałego pobytu w przestrzeni kosmicznej na organizm człowieka. Program Skylab odziedziczył rakiety Saturn V, które posłużyły nie tylko wynoszeniu elementów konstrukcji na orbitę, ale również po przekształceniu górnego stopnia rakiety, stworzyły podstawę budowy stacji. Astronauci do stacji Skylab byli wynoszeni w Apollo Command/Service Module (CSM) stworzonym na potrzeby realizacji programu Apollo i załogowych misji na Księżyc.

Wśród najważniejszych osiągnięć programu Skylab można zaliczyć:

- rozwinięcie technologii i procedur spacerów kosmicznych (*EVA*),
- dopracowanie konstrukcji skafandra kosmicznego,
- badanie długotrwałego wpływu środowiska mikrogravitacji na organizm człowieka,
- obserwacja słońca za pomocą wielospektralnego obserwatorium słonecznego (ang. *Apollo Telescope Mount*),
- dopracowanie konstrukcji portów dokowania,
- opracowanie technologii śluz powietrznych,
- pierwsza kontrolowana deorbitacja dużej konstrukcji.

2.2.5 Program Space Transportation System

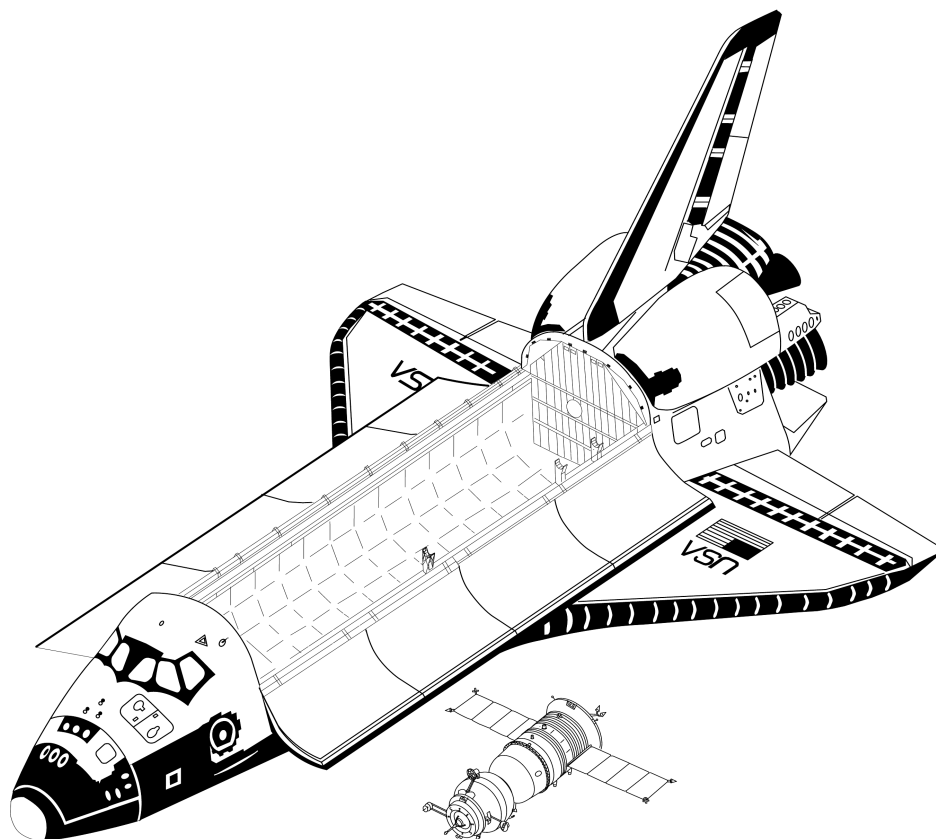
Jednym z najbardziej ikonicznych programów kosmicznych jest Space Transportation System czyli tzw. prom kosmiczny (ang. *Space Shuttle*). Podczas programu stworzono statek kosmiczny wielokrotnego użytku w kształcie przypominającym samolot. Orbiter był w stanie wynosić na orbitę 27,5 metrycznej tony ładunku oraz załogę do 8 osób (misja STS-61A).

W trakcie programu Space Shuttle stworzono następujące orbitery [NAS85]:

- Enterprise (1976) używany do testów podejścia i lądowania, nigdy nie osiągnął orbity,
- Columbia (1981) pierwszy prom, który osiągnął orbitę Ziemi, uległ zniszczeniu w 2003 roku przy wejściu w atmosferę, cała siedmioosobowa załoga zginęła,
- Challenger (1983) drugi prom który osiągnął orbitę, uległ zniszczeniu w 1986 przy starcie, cała siedmioosobowa załoga zginęła, zastąpiony przez prom Endeavour,
- Discovery (1984), trzeci orbiter, 27 lat służby, 39 lotów,
- Atlantis (1985), czwarty orbiter, 33 misje, 4848 orbit, 203 mln km,
- Endeavour (1992), ostatni orbiter, 25 misji, 4671 orbit, 198 mln km.

Program Space Shuttle pozwolił na zwiększenie częstotliwości lotów załogowych na niską orbitę okołoziemską. Dzięki promom kosmicznym i misjom STS Stany Zjednoczone osiągnęły bardzo wysoki poziom sprawności operacyjnej oraz ogromną przewagę w ilości wyszkolonych astronautów oraz osób, które odbyły lot w kosmos. Promy przyczyniły się również do budowy Międzynarodowej Stacji Kosmicznej oraz wyniesienia i późniejszego serwisowania teleskopu Hubble'a.

Podczas lotów promów kosmicznych amerykańska agencja NASA opracowała program szkolenia astronautów, który stał się podstawą dzisiejszych treningów. Stworzono również skafander EMU - Extravehicular Mobility Unit. Skafander ten był modyfikacją skafandra A7L wykorzystywanego w programie Apollo. EMU znajduje zastosowanie w misjach kosmicznych i w programie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.



Ryc. 2.6: Rysunek przedstawia skalę amerykańskiego promu kosmicznego Space Shuttle oraz rosyjskiego statku Sojuz TMA [Por95]

2.3 Programy kosmiczne ZSRR i Federacji Rosyjskiej

2.3.1 Program Wostok

Wostok był pierwszym załogowym programem kosmonautycznym w Związku Socjalistycznych Republik Radzieckich. Punktem kulminacyjnym programu był lot 12 kwietnia 1961 roku radzieckiego majora Jurija Gagarina - pierwszego człowieka w kosmosie. W trakcie trwania programu 1961 do 1963 roku odbyło się 6 lotów załogowych a najdłuższy trwał 5 dni. Cztery ostatnie loty były wystrzeliwane parami w odstępie jednego dnia od siebie. Listę kosmonautów programu przedstawia [Tab. 2.6](#).

Tab. 2.6: Lista kosmonautów programu Wostok wraz z wiekiem w czasie selekcji [Siddiqi2000]

Stopień wojskowy	Imię i nazwisko	Wiek	Lot w kosmos
Senior Lieutenant	Ivan Anikeyev	27	nie
Major	Pavel Belyayev	34	tak
Senior Lieutenant	Valentin Bondarenko	23	nie
Senior Lieutenant	Valery Bykovsky	25	tak
Senior Lieutenant	Valentin Filatyev	30	nie
Senior Lieutenant	Yuri Gagarin	25	tak
Senior Lieutenant	Viktor Gorbatko	25	tak
Captain	Anatoli Kartashov	27	nie
Senior Lieutenant	Yevgeny Khrunov	26	tak
Captain Engineer	Vladimir Komarov	32	tak
Lieutenant	Aleksei Leonov	25	tak
Senior Lieutenant	Grigori Nelyubov	25	nie
Senior Lieutenant	Andrian Nikolayev	30	tak
Captain	Pavel Popovich	29	tak
Senior Lieutenant	Mars Rafikov	26	nie
Senior Lieutenant	Georgi Shonin	24	tak
Senior Lieutenant	Gherman Titov	24	tak
Senior Lieutenant	Valentin Varlamov	25	nie
Senior Lieutenant	Boris Volynov	25	tak
Senior Lieutenant	Dmitri Zaikin	27	nie

Tab. 2.7: Lista lotów programu Wostok [Siddiqi2000]

Misja	Start	Długość	Załoga	Uwagi
Wostok 1	1961-04-12	1h 48m	Yuri Gagarin	Pierwszy człowiek w kosmosie
Wostok 2	1961-08-06	1d 1h 18m	Gherman Titov	Pierwsza załogowa misja ponad 24h
Wostok 3	1962-08-11	3d 22h 22m	Andriyan Nikolayev	Pierwszy równoległy lot dwóch statków
Wostok 4	1962-08-12	2d 22h 56m	Pavel Popovich	Pierwszy równoległy lot dwóch statków
Wostok 5	1963-07-14	4d 23h 7m	Valery Bykovsky	Najdłuższy samodzielny lot
Wostok 6	1963-07-16	2d 22h 50m	Valentina Tereshkova	Pierwsza kobieta w kosmosie

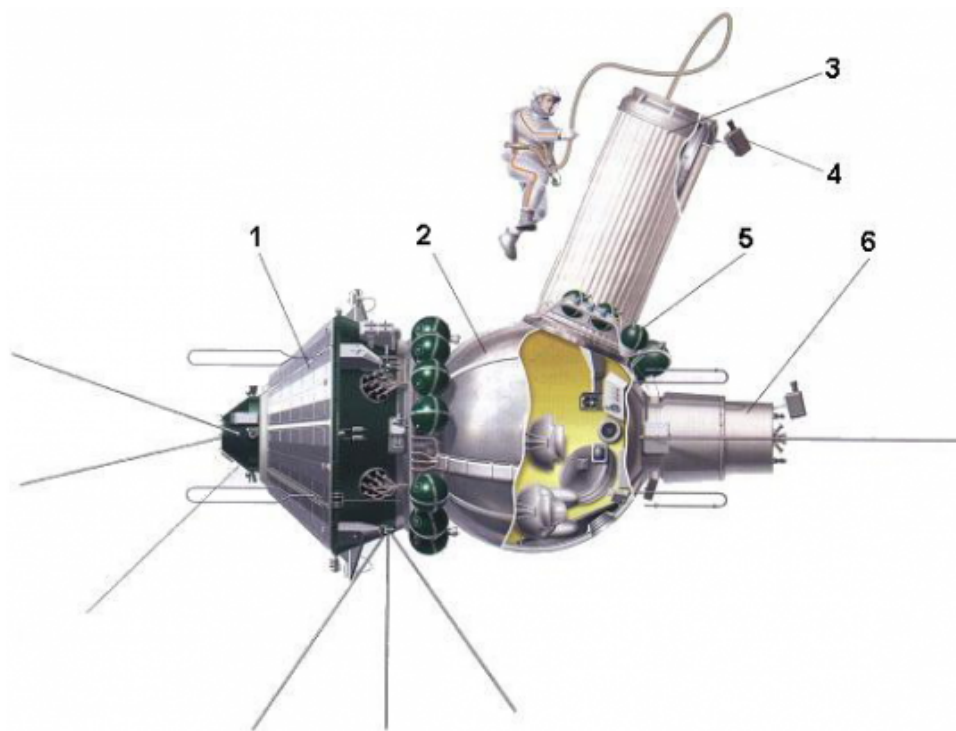
2.3.2 Program Voschod

Program Voschod był kontynuatorem programu Wostok. Wprowadzał modyfikację do kapsuły, wzrost jej objętości, oraz zwiększenie liczby członków załogi do trzech osób. Zastosowano również powiększoną raketę nosiciela. W latach 1964 i 1965 odbyły się dwa loty w ramach programu.

Największym dokonaniem podczas programu Voschod było pierwsze wyjście człowieka w otwarty kosmos, tzw. EVA. Dokonał tego rosyjski kosmonauta Aleksiej Leonow 18 marca 1965 roku. Pierwsze wyjście trwało 12 minut i niemalże zakończyło się śmiercią kosmonauty. Jego skafander ze względu na różnicę ciśnień spuchł do rozmiarów niepozwalających na powrót do służby. Leonow rozhermetyzował skafander i upuścił powietrze w skutek czego nabrał możliwości ponownego wejścia do kapsuły.

Tab. 2.8: Lista lotów programu Voschod [Siddiqi2000]

Misja	Start	Długość	Załoga	Uwagi
Woschod 1	1964-10-12	1d 0h 17m 3s	Vladimir Komarov, Konstantin Feoktistov, Boris Yegorov	pierwsza wieloosobowa załoga
Woschod 2	1965-03-18	1d 2h 2m 17s	Pavel Belyayev, Alexey Leonov	Pierwszy spacer kosmiczny



1 - приборно-агрегатный отсек; 2 - спускаемый аппарат; 3 - шлюзовая камера в наддутом состоянии; 4 - камера для съемки выхода; 5 - пневмоаратура наддува шлюзовой камеры; 6 - дублирующая ТДУ.

Ryc. 2.7: Schemat statku Voshod. Źródło: Wikipedia

2.3.3 Program Księżycowy (N1-L3)

ZSRR konkurował ze Stanami Zjednoczonymi w ramach wyścigu kosmicznego. Punktem kulminacyjnym całego Space Race miał być załogowy lot na Księżyc. W tym celu Główny Konstruktor Siergiej Pawłowicz Korolew (SP, Główny Konstruktor) rozpoczął prace nad rakiętą N1. W ramach programu stworzony został również moduł orbitujący (ros. *LOK - Lunnyj Orbitalny Korabl*) oraz lądownik (ros. *LK - Lunnyj Korabl*) przedstawiony na obrazku Ryc. 2.8.

W 1966 roku zaczęto symulacje lądowania a kosmonauci zostali przydzieleni do treningów księżycowych (Tab. 2.9). Stworzono grupy, których celami były:

- Soyuz 7K-OK - kwalifikacja statków Soyuz do lotów orbitalnych (lider Gagarin)
- L1/Zond - lotów księżycowych na rakięcie Proton (lider Komarow),
- L3 - opracowanie procedur i metodyki lądowania na Księżycu (lider Leonow).

W ramach programu N1-L3 zaplanowano 18 misji. Ze względu na przewożenie grupie opracowujących lądowanie Leonow miał największą szansę być nominowany do bycia pierwszym kosmonautą na Księżycu [LS06].

Rakieta N1 w przeciwieństwie amerykańskiego podejścia składała się nie z trzech a z 5 segmentów (ang. *stage*) oraz 30 silników pierwszego poziomu. Ze względu na złożoność systemu rakieta każdorazowo eksplodowała przy starcie. Po czwartym nieudanym starcie rakiety N1 oraz zmianie geopolitycznej i przegraniu wyścigu kosmicznego Komitet Centralny Partii postanowił zamknąć program.

Tab. 2.9: Lista kosmonautów przypisanych do grup szkoleniowych w ramach programu księżycowego [Kamanin1999]

Grupa szkoleniowa	Kosmonauci
Soyuz 7K-OK	Gagarin, Nikolayev, Komarov, Bykovsky, Khrunov, Gorbatko, Voronov, Kolodin
L1	Komarov, Volynov, Dobrovolskiy, Voronov, Kolodin, Zholobov, Bykovskiy
L3	Leonov, Gorbatko, Khrunov, Gagarin, Nikolayev, Shatalov



Ryc. 2.8: Różne prototypy lądowników księżycowych w ramach programu załogowego ZSRR. Źródło: Astronautics/Mark Wade [Wadb]

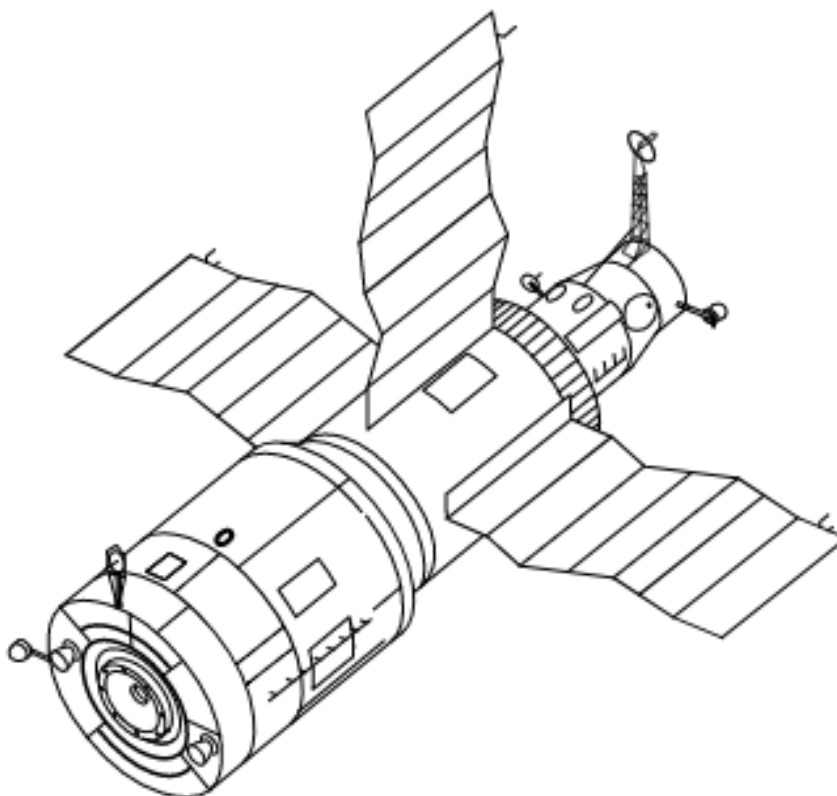
2.3.4 Program Salut

Pierwszym w historii programem orbitalnej stacji kosmicznej był Salut. Konstrukcja stacji była jednomodułowa i wynoszona na orbitę na rakiecie-nosicielu Proton. Kosmonauci za pomocą statków Sojuz dokowali do stacji, gdzie prowadzili badania nad efektami wpływu na organizm człowieka długotrwałego pobytu w stanie mikrogravitacji. Program również nosił nazwę Długoczasowa Stacja Orbitalna (ros. *DOS - Długowremiennaja Orbitalnaja Stancija*), a równocześnie z nim był tworzony wojskowy program *Ałmaz* (ros. *Diament*).

Stacje wyposażone były w port dokowania, dzięki któremu zarówno załogowe jak i bezzałogowe statki Progress mogły dołączać do stacji i zaopatrywać ją w paliwo, tlen i inne zasoby.

Tab. 2.10: Lista stacji kosmicznych w ramach programu Salut/Ałmaz/Mir. Źródło: Wikipedia

Nazwa	Start	Deorbitacja	Długość [dni]	Długość lotu załogowego [dni]	Liczba odwiedzających	Liczba załogowych statków
Salut 1	1971-04-19	1971-10-11	175	24	3	2
Salut 2 (Ałmaz 1)	1973-04-04	1973-05-28	54	0	0	0
Salut 3 (Ałmaz 2)	1974-06-25	1975-01-24	213	15	2	1
Salut 4	1974-12-26	1977-02-03	770	92	4	2
Salut 5 (Ałmaz 3)	1976-06-22	1977-08-08	412	67	4	2
Salut 6	1977-09-29	1982-07-29	1764	683	33	16
Salut 7	1982-04-19	1991-02-07	3216	816	26	10
Mir	1986-02-19	2001-03-23	5511	4594	137	39



Ryc. 2.9: Schemat stacji kosmicznej Salut-6. Źródło: Wikipedia

2.3.5 Program Sojuz/Progress

Program Sojuz jest jednym z najdłużej trwających programów kosmicznych. Był bezpośrednim następcą programu Wołod i rozpoczął się w połowie lat sześćdziesiątych XX wieku. Pierwotnie celem programu miało być stworzenie podstaw do lotów księżycowych, ale później wymagania zostały zmienione.

Program Sojuz wraz z kolejnymi modyfikacjami trwa do dziś. Rakieta i kapsuła Sojuz jest najbardziej niezawodnym statkiem kosmicznym. Od czasu wycofania z użycia amerykańskich promów Space Shuttle jest jedynym środkiem transportu do i z Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Więcej na temat programu w rozdziale poświęconym *szkoleniu w pilotowaniu statku kosmicznego Sojuz*.

Równocześnie z kapsułą załogową Sojuz tworzona była jej bezzałogowa wersja Progress. Podobnie jak Sojuz tak i Progress jest wciąż użytkowany i stanowi główne źródło zaopatrzenia dla ISS.

2.3.6 Program Interkosmos

W trakcie zjazdu przedstawicieli krajów socjalistycznych w Moskwie 5-13 kwietnia 1967 roku przyjęto program współpracy w zakresie eksploracji kosmosu - Interkosmos. W ramach programu odbywały się loty zarówno bezzałogowe jak i załogowe, które umożliwiły kosmonautom spoza ZSRR oraz USA lot w kosmos. Głównym założeniem współpracy było korzystanie z infrastruktury naziemnej oraz rakiet radzieckich. Międzynarodowa współpraca miała dotyczyć badań naukowych oraz lotów załogowych. Prawną stronę porozumienia i działania państw członkowskich regulował dokument zawarty 13 lipca 1976 roku, a który zaczął obowiązywać od 25 marca 1977 roku. W późniejszym czasie w ramach programu Interkosmos powstała stacja Mir.

Głównym celem programu Interkosmos były badania naukowe w obszarach:

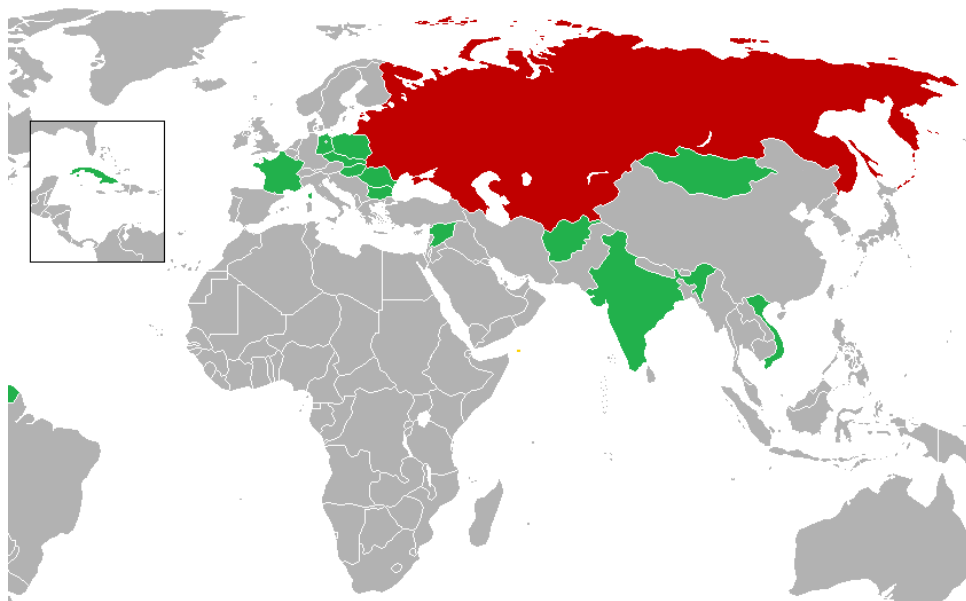
- fizyki kosmicznej,
- meteorologii,

- łączności,
- biologii,
- medycyny kosmicznej.

Kosmonautów w ramach programu Interkosmos wybierano z najlepszych pilotów wśród państw, które ratyfikowały porozumienie. Pierwszym kosmonautą nie będącym obywatelem USA i ZSRR był czech Vladimír Remek, który poleciał 2 marca 1978 roku. Drugą osobą był generał Mirosław Hermaszewski (27 czerwca 1978). Tab. 2.11 przedstawia listę kosmonautów programu Interkosmos.

Tab. 2.11: Lista kosmonautów w ramach programu Interkosmos. Źródło: Wikipedia

Data	Kosmonauta główny	Kosmonauta rezerwowowy	Kraj	Misja	Stacja orbitalna
1978-03-02	Vladimír Remek	Oldřich Pelčák	Czechosłowacja	Sojuz 28	Salut 6
1978-06-27	Mirosław Hermaszewski	Zenon Jankowski	Polska	Sojuz 30	Salut 6
1978-08-26	Sigmund Jähn	Eberhard Köllner	NRD	Sojuz 31	Salut 6
1979-04-10	Georgi Iwanow	Aleksandyr Aleksandrow	Bułgaria	Sojuz 33	Salut 6
1980-05-26	Bertalan Farkas	Béla Magyari	Węgry	Sojuz 36	Salut 6
1980-07-23	Phm Tuân	Bùi Thanh Liêm	Wietnam	Sojuz 37	Salut 6
1980-09-18	Arnaldo Tamayo Méndez	José Armando López Falcón	Kuba	Sojuz 38	Salut 6
1981-03-23	Džügderdemidijn GÜRAGCZAA	Majdarżawyn Ganzorig	Mongolia	Sojuz 39	Salut 6
1981-05-14	Dumitru Prunariu	Dumitru Dediu	Rumunia	Sojuz 40	Salut 6
1982-06-24	Jean-Loup Chrétien	Patrick Baudry	Francja	Sojuz T-6	Salut 7
1984-04-02	Rakesh Sharma	Ravish Malhotra	Indie	Sojuz T-11	Salut 7
1987-07-22	Muhammed Ahmed Farris	Munir Habib Habib	Syria	Sojuz TM-3	Mir
1988-07-06	Aleksandyr Aleksandrow	Krasimir Stożanow	Bułgaria	Sojuz TM-5	Mir
1988-08-29	Abdul Ahad Mohmand	Mohammed Dauran-Ghulam Masum	Afganistan	Sojuz TM-6	Mir

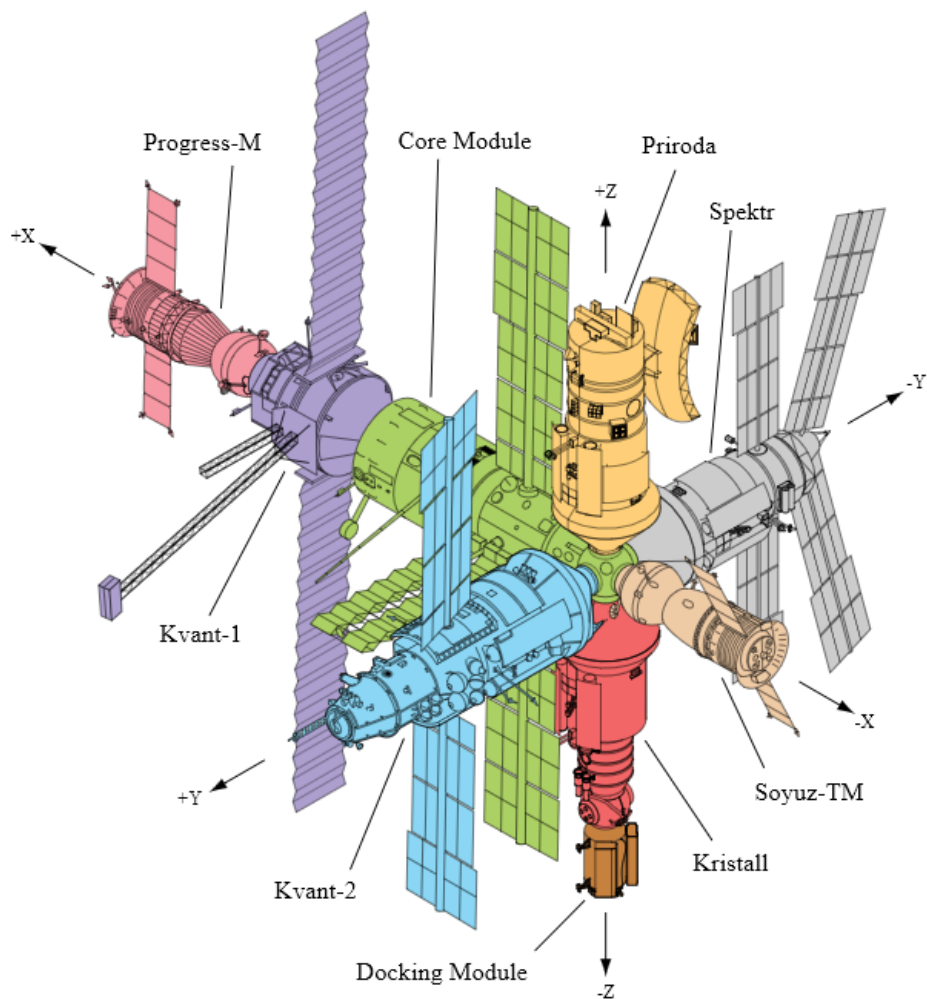


Ryc. 2.10: Państwa uczestniczące w ramach programu Interkosmos. Źródło: Wikipedia

2.3.7 Stacja kosmiczna Mir

Stacja kosmiczna Mir (ros. pokój) była bezpośrednim kontynuatorem programu Salut i pierwowzorem dla ISS. Początkowo służyła wyłącznie kosmonautom ZSRR oraz była udostępniana w ramach programu Interkosmos. Po upadku Związku Radzieckiego umożliwiono loty międzynarodowych załóg. Podczas ponad 15 lat pracy na orbicie gościła 28 stałych załóg i wiele tymczasowych wizyt amerykańskich promów Space Shuttle.

Jej konstrukcja rozpoczęła się od przeniesienia zasobów dostarczonych przez Progress-25 i Progress-26. Zadanie wykonała załoga Sojuz T-15 (Leonid Kizim i Władimir Sołowjow). Podczas 50 dniowego pobytu załoga również odwiedziła stację Salut-7 w celu przewiezienia części wyposażenia na Mir. Na chwilę obecną jest to jedyny przypadek w historii aby astronauta w trakcie jednego lotu odwiedzili dwie stacje.

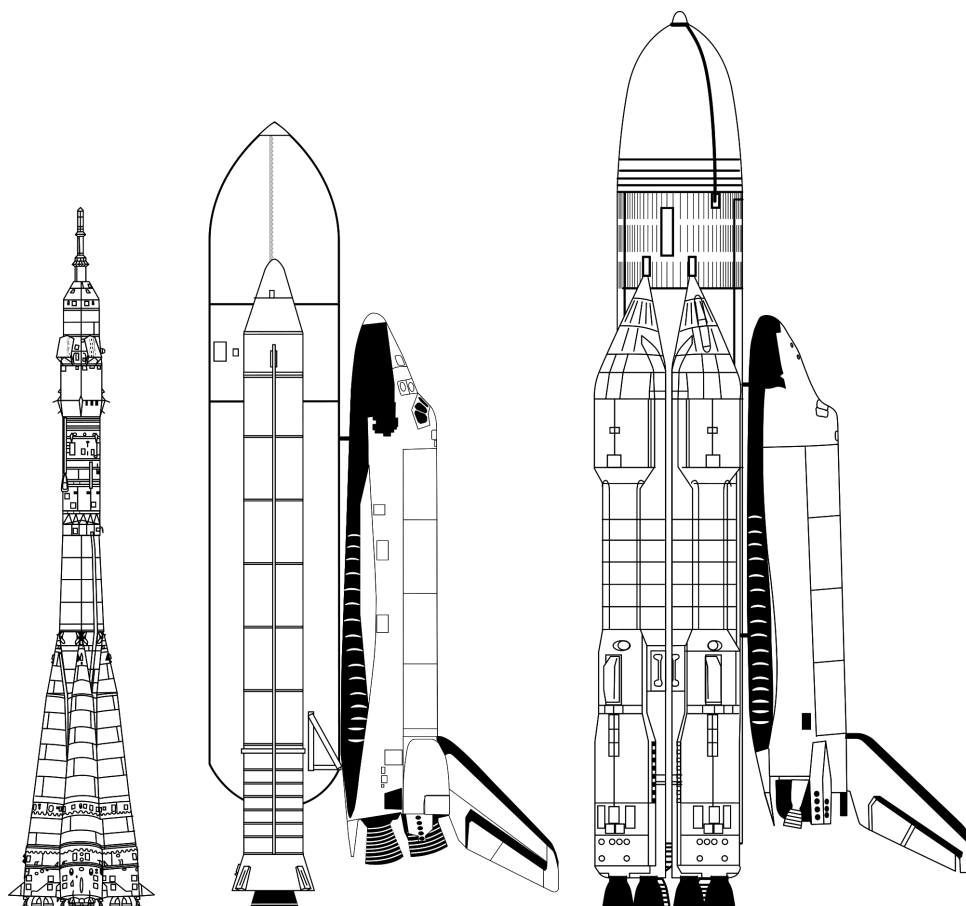


Ryc. 2.11: Schemat stacji kosmicznej Mir. Źródło: Wikipedia

2.3.8 Program Buran

Program Buran był odpowiedzią na amerykański program Space Shuttle. Pojazd, który został stworzony był podobny wizualnie, ale znacząco się różnił i przewyższał osiągamy promy STS. W ramach programu została stworzona również rakietą Energia, która wykorzystywała zmodyfikowane silniki RD-170 z programu księżycowego. Buran wykonał jeden lot testowy 15 listopada 1988 bez załogi. Podczas lotu wykonał dwa okrążenia Ziemi i dokonał autonomicznego lądowania na pasie startowym *Site 251* - Yubileyniy Airfield otrzymując precyzję lądowania na poziomie 10 m w osi pasa.

Ze względów geopolitycznych program został zamknięty, a orbiter trafił kolejno do hangaru na kosmodromie Bajkonur oraz do muzeum techniki w niemieckim mieście Speyer. W maju 2002 ze względu na obciążenia dachu wywołane potężną burzą dach hangaru, w którym przebywał Buran oraz rakietą Energia zawalił się niszcząc prom i nosiciela.



Ryc. 2.12: Zestawienie porównawcze rakiety Sojuz, Space Shuttle oraz Energia-Buran. Źródło: Wikipedia

2.4 Polak w kosmosie

2.4.1 Lot generała Hermaszewskiego

Lot Sojuz-30 miał miejsce w dniach 27 czerwca – 5 lipca 1978. Skład głównej załogi stanowił zespół: Mirosław Hermaszewski oraz Piotr Iljicz Klimuk (Ryc. 2.13). W zespole rezerwowym byli Walerij Nikołajewicz Kubasow oraz Zenon Jankowski.

Głównym zadaniem Sojuz-30 było dokowanie do stacji Salut-6 oraz wykonanie badań naukowych i biomedycznych zestawionych w Tab. 2.12 dla jednostek badawczych, tj. [Her13]:

- Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej (WIML),
- Instytut Fizyki PAN,
- Instytut Geodezji i Kartografii (IGiK),
- Centrum Badań Kosmicznych PAN (CBK),
- dla zagranicznych jednostek badawczych w ramach porozumienia Interkosmos.

Misja zakończyła się sukcesem a zadania założone zostały wykonane. Tab. 2.13 przedstawia listę najważniejszych wydarzeń w trakcie lotu Sojuz-30.

W ramach treningu do misji kosmonauci odbyli szkolenia, m.in.:

- ratownictwo morskie i lądowanie w środowisku wodnym,
- zapoznanie się ze środowiskiem mikrogravitacji podczas lotu parabolicznego samolotem TU-104A,

- badania psychologiczne i kondycyjne,
- szkolenie z nawigacji i dynamiki lotu orbitalnego,
- trening aparatu błędnikowego na krześle Baraniego,
- badania wydolnościowe organizmu na cykloergometrze,
- symulacje lotu i manewrów dokowania oraz deorbitacji statku Sojuz-30 [Ryc. 2.14](#),
- badania medyczne i sprawnościowe.

Za wyjątkiem treningu EVA oraz systemów robotycznych i specjalnych ISS proces przygotowania kosmonautów do lotu Sojuz-30 był podobny do procesu szkolenia do długotrwałych lotów kosmicznych na Międzynarodową Stację Kosmiczną.

Dla upamiętnienia lotu pierwszego Polaka załoga zabrała na pokład flagę i godło państwowe ([Ryc. 2.15](#)). Generał Hermaszewski na chwilę obecna pozostaje jedynym Polakiem w kosmosie. Trening do misji, szczegóły lotu, zakres badań prowadzonych na orbicie jak również wydarzenia po powrocie z misji można przeczytać w opracowaniu generała Hermaszewskiego pt. "Ciężar Nieważkości" [[Her13](#)].

Tab. 2.12: Lista badań w ramach misji Sojuz-30/Salut-6.

Nazwa eksperymentu	Jednostka zlecająca	Zakres badania
Syrena	Instytut Fizyki PAN	badanie procesu narastania kryształów Hg, Cd, Te w warunkach braku ciężenia
Smak	WIML	badanie odczuć smakowych w warunkach nieważkości
Relaks	WIML	badanie efektywności różnego rodzaju rozrywek w warunkach lotu kosmicznego
Kardiolider	WIML	badanie funkcjonowania serca w czasie pracy kosmonauty na statku kosmicznym
Zdrowie	WIML	określenie za pomocą aparatury 'Fizjotest' wydolności fizycznej kosmonauty bezpośrednio przed startem i po wylądowaniu
Test	WIML	badanie aspektów psychologicznych adaptacji załogi do warunków lotu kosmicznego
Ciepło	WIML	badanie procesu wymiany ciepła organizmu z otoczeniem w warunkach braku ciężenia
Ziemia	IGiK	fotografowanie powierzchni Ziemi (łądów i wód) w celu badania jej zasobów
Zorza	CBK	obserwacja zórz polarnych
Czajka	b/d	badanie neutralizacji wpływu braku ciężenia na układ krwionośny przez zastosowanie specjalnego kombinezonu, przygotowanego przez specjalistów radzieckich
Tlen	b/d	badanie przemian tlenu w organizmie w warunkach lotu kosmicznego

Tab. 2.13: Zestawienie najważniejszych wydarzeń w trakcie lotu Sojuz-30/Salut-6.

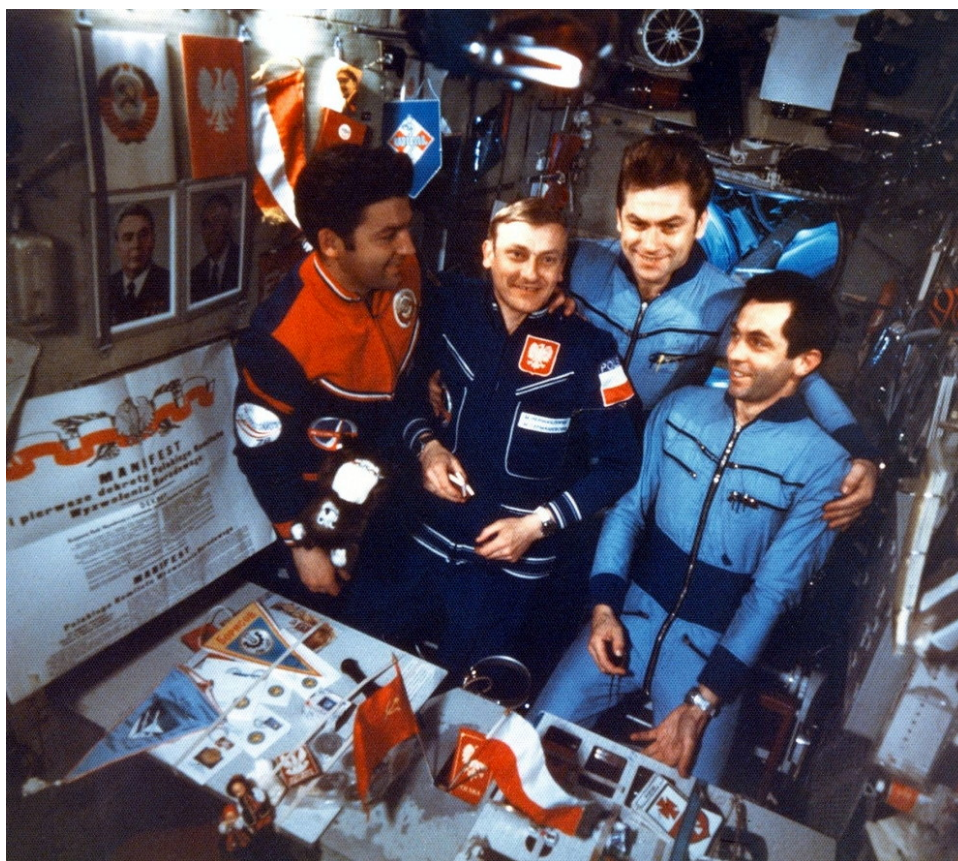
Data	Czas Perygeum (UTC)	Apogeum (km)	Prędkość (km/s)	Wysokość (km)	Wydarzenie
1978-06-27	15:27	197,6 km	261,3 km/s	51.66°	Start statku Sojuz-30 z kosmodromu Bajkonur na rakiemie Sojuz
1978-06-28	17:07	337,6 km	363 km/s	51.66°	Dokowanie Sojuz-30 do portu rufowego stacji Salut-6
1978-07-05	10:15	337,6 km	363 km/s	51.66°	Odłączenie Sojuz-30 od Salyut-6
1978-07-05	13:30	n/d	n/d	n/d	Łądowanie Sojuz-30 - 328 km zachód od Celinogradu (obecnie Astana)



Ryc. 2.13: Załoga Sojuz-30 (od lewej): Piotr Iljicz Klimuk oraz Mirosław Hermaszewski



Ryc. 2.14: Załoga Sojuz-30 (od lewej): Piotr Iljicz Klimuk oraz Mirosław Hermaszewski w trakcie szkolenia na symulatorze statku Sojuz.



Ryc. 2.15: Załoga Salut-6 (od lewej): Piotr Klimuk, Mirosław Hermaszewski, Aleksandr Ivanchenkov oraz Vladimir Kovalyonok

2.5 Kosmiczne Programy międzynarodowe

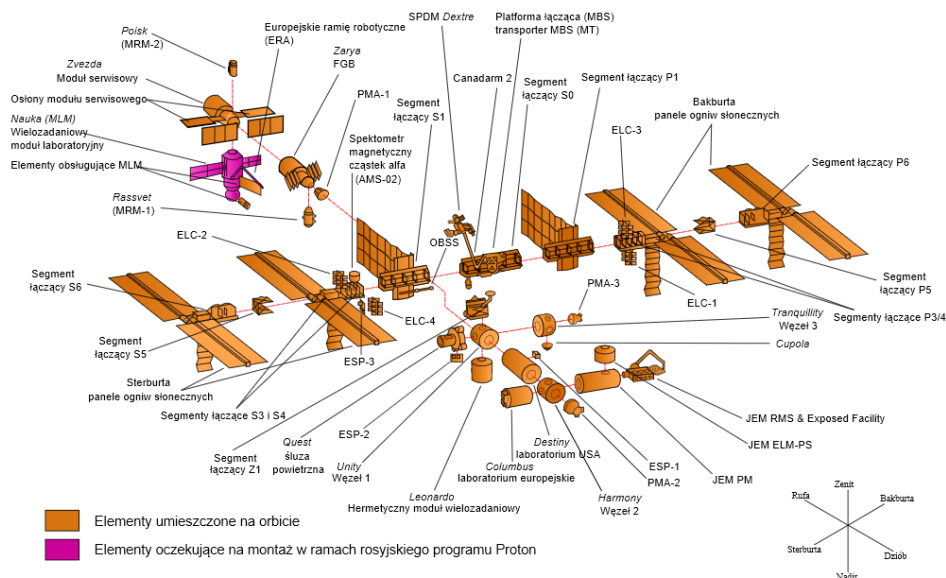
2.5.1 Międzynarodowa Stacja Kosmiczna

Program Międzynarodowej Stacji Kosmicznej rozpoczął się od połączenia konceptów projektów Freedom (ang. wolność) oraz Mir-2 (DOS-8). Następnie przekształcił się w pierwszą międzynarodową platformę badawczą o nazwie International Space Station. Program jest tworzony wspólnie przez pięć największych agencji kosmicznych: NASA, Roskosmos, JAXA, ESA, i CSA. Budowa rozpoczęła się od umieszczenia rosyjskich modułów w 1998 roku. Pierwsza załoga przyleciała 2 listopada 2000 roku. Od tego czasu stacja jest stale zamieszkiwana przez załogi 3 lub 6 osobowe w ramach tzw. ekspedycji. Temat ISS szczegółowo przedstawiono w części dotyczącej *przygotowania załóg do lotów na jej pokład*.

Na chwilę obecną najbardziej czasochłonną częścią procesu szkolenia astronautów jest ich przygotowanie do pracy na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Jednakże należy zwrócić uwagę na fakt, iż planowo w 2030 ISS zostanie zdeorbitowana.

Konfiguracja elementów ISS

Stan na maj 2011 (ULF6 - STS-134)



Ryc. 2.16: Schemat stacji kosmicznej ISS. Źródło: Wikipedia

2.5.2 Wybrane rekordy załogowych lotów kosmicznych

Najdłuższy pobyt w przestrzeni kosmicznej zanotował kosmonauta Roskosmos Dr. Valeri Polyakov, który spędził jednorazowo 437 dni, 17 godzin i 38 minut (14 miesięcy). Pobyt odbył się na Rosyjskiej stacji Mir od stycznia 1994 roku do marca 1995.

Największy kumulacyjny "nalot" zgromadził kosmonauta Roskosmos Gennady Padalka, który przybywał łącznie 879 dni na orbicie podczas 5 lotów kosmicznych.

Największy łączny czas spędzony podczas EVA zanotował kosmonauta Roskosmos Anatoly Solovyev, który przebywał łącznie 82 godziny 22 minuty w trakcie 16 spacerów kosmicznych. Kosmonauta ten jest również osobą, która wykonała najwięcej spacerów kosmicznych w historii.

Infrastruktura szkoleniowa

3.1 Centra szkolenia astronautów

Szkolenie astronautów odbywa się m.in. w wyspecjalizowanych ośrodkach treningowych. Skala i złożoność procesu szkolenia wymaga współpracy wielu agencji. Na chwilę obecną astronauta szkoleni są w ramach programów wymiany we wszystkich ośrodkach szkoleniowych. Ze względu na amerykańską regulację ITAR (International Traffic in Arms Regulations) określającą przemysł kosmiczny i raketowy jako broń i zakazującą współpracy z Chinami, astronauta NASA nie odbywają szkolenia w ośrodkach ACC. Pozostałe kraje kooperują i wzajemnie szkolą astronautów w zakresie swojej specjalizacji. Tab. 3.1 przedstawia listę centrów szkoleniowych.

Tab. 3.1: Lista ośrodków szkoleniowych astronautów.

Agencja	Lokacja	Nazwa ośrodka	Skrót	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna
Roscosmos	Moskwa, Rosja	Centrum Przygotowania Kosmonautów, Gwiezdne Miasteczko	CPK	55.880585°N	38.110542°E
NASA	Houston, TX, USA	Johnson Space Center	JSC	29.563°N	-95.091°W
ESA	Kolonia, Niemcy	European Astronaut Centre	EAC	50.851944°N	13.111111°E
JAXA	Tsukuba, Ibaraki, Japonia	Tsukuba Space Center	TKSC	36.065778°N	140.129806°E
CNSA	Beijing, China	Astronaut Centre of China	ACC	40.071989°N	116.257092°E
CSA	Longueuil, Quebec, Canada	John H. Chapman Space Centre		45.52239°N	73.39582°W

3.1.1 Centrum Przygotowania Kosmonautów, Gwiezdne Miasteczko, Moskwa, Rosja

Jednym z najstarszych miejsc w którym szkoli się astronautów i kosmonautów jest Centrum Przygotowania Kosmonautów im. Jurija Gagarina (CPK) znajdujące się na terenie Gwiezdnego Miasteczka 20 km na północny wschód od Moskwy. W obiekcie tym trenują obecnie wszyscy astronauta, którzy są przydzieleni do lotów na ISS. Ośrodek posiada basen neutralnej pływalności Hydro Lab oraz zestaw symulatorów rosyjskich segmentów ISS i statku kosmicznego Sojuz, który jest obecnie jedynym środkiem transportu z i na ISS. CPK jest ostatnim ośrodkiem szkoleniowym. Bezpośrednio z tego miejsca astronauta są transportowani na kosmodrom Bajkonur (również nazywany Gwiezdnym Miasteczkiem) gdzie przechodzą ostatnie badania i przygotowania do startu rakieta Sojuz.

3.1.2 Johnson Space Center, Houston, TX, USA

Historycznie centrum kosmiczne Johnsona (JSC) było kolebką amerykańskiego programu astronautycznego. W tym miejscu mieści się również Astronauts Office (budynek 4-S) oraz Neutral Buoyancy Laboratory (budynek Sonny Carter Training Facility) i symulator amerykańskiej części ISS (budynek 29). Podobnie jak w Gwiezdnym Miasteczku, tak w centrum JSC trenują obecnie wszyscy astronauta, którzy są przydzieleni do lotów na ISS.

3.1.3 European Astronaut Centre, Kolonia, Niemcy

Europejskie Centrum Astronautów (EAC) jest miejscem gdzie astronauta przygotowujący się do lotu na ISS odbywają szkolenie z zakresu obsługi modułu Columbus Europejskiej Agencji Kosmicznej. Budynek ten jest również siedzibą europejskich astronautów i miejscem ich szkolenia. W EAC znajduje się także basen Neutral Buoyancy Facility, w którym astronauta zapoznają się z procedurami oraz strojem do spacerów kosmicznych. Więcej w rozdziale *dotyczącym szkolenia EVA*.

3.1.4 Tsukuba Space Center, Tsukuba, Ibaraki, Japonia

Tsukuba Space Center jest miejscem gdzie astronauta lecący na ISS odbywają szkolenie z japońskiej części stacji, tj. modułu Kibo oraz japońskich robotycznych systemów. Budynek ten jest również siedzibą astronautów JAXA.

3.1.5 Astronaut Centre of China, Pekin, Chiny

Ośrodek szkolenia Chińskich Astronautów (ACC) usytuowany jest w północno wschodniej części Pekinu [CNS18]. Jest siedzibą chińskich astronautów i jako, że Chiny nie są państwem biorącym udział w programie ISS nie odbywają się tutaj treningi przygotowujące do lotów na stację. W tym miejscu Chiński korpus astronautów szkoli się i przygotowuje do załogowych misji na stacje orbitalne w ramach programu Tiangong.

3.1.6 John H. Chapman Space Centre, Longueuil, QC, Kanada

John H. Chapman Space Centre jest siedzibą Kanadyjskiej Agencji Kosmicznej oraz kanadyjskich astronautów. W tym ośrodku astronauta przydzieleni do ekspedycji ISS odbywają szkolenie z manipulatora robotycznego Canadarm 2 (SRMS - Shuttle Remote Manipulator System) oraz kanadyjskich eksperymentów.

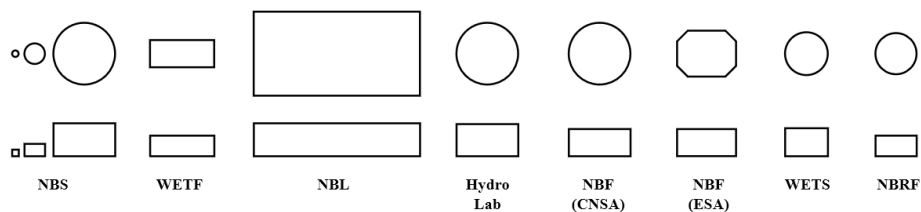
3.2 Baseny neutralnej pływalności

Od czasów przygotowania do lotu w ramach misji Gemini 12, gdy amerykański astronauta Buzz Aldrin jako pierwszy wykorzystał techniki nurkowania w celu symulacji EVA agencje kosmiczne zaczęły wykorzystywać ośrodki neutralnej pływalności (ang. *Neutral Buoyancy*) do szkolenia astronautów.

Ponadto baseny neutralnej pływalności wykorzystywane są również w szkoleniu awaryjnego opuszczania statku kosmicznego. Przykładem tego typu urządzeń jest symulator H.U.E.T. (Helicopter Underwater Egress Trainer) oraz M.E.T.S. (Modular Egress Training Simulator). W tego typu urządzenia wyposażone jest jedynie laboratorium NBL należące do NASA. Astronauci innych agencji w celu odbycia szkolenia z ratownictwa morskiego wykorzystują infrastrukturę należącą do firm prywatnych.

Tab. 3.2: Lista basenów neutralnej pływalności

Właściciel	Nazwa pełna	Skrót	Lokacja	Plan	Wy-miary	Głę- bo- kość	Okres ope- racji	Ko- men- tarz
NASA	Neutral Buoyancy Laboratory	NBL	Johnson Space Center, Houston, TX, USA	pro- sto- ką	62 x 31 m	12 m	od 1997	Certy- fikacja EMU
NASA	Neutral Buoyancy Simulator Tank 1	NBS 1	Marshall Space Flight Center, Alabama, USA	koło	2,4m	2,4m	1967 - 1997	
NASA	Neutral Buoyancy Simulator Tank 2	NBS 2	Marshall Space Flight Center, Alabama, USA	koło	7,6m	4,6m	1967 - 1997	
NASA	Neutral Buoyancy Simulator Tank 3	NBS 3	Marshall Space Flight Center, Alabama, USA	koło	23m	12m	1967 - 1997	
NASA	Water Immersion Facility	WIF	Building 5, Johnson Space Center, Houston, TX, USA	koło	7,6m	4,9 m	Używany podczas Apollo i Gemini	
NASA	Weightless Environment Training Facility	WETF	Building 29, Johnson Space Center, Houston, TX, USA	pro- sto- ką	29 x 10 m	7,6 m	1980 - 1998	
ESA	Neutral Buoyancy Facility	NBF	European Astronaut Center, Kolonia, Niemcy	ośmio- ką	22 x 17 m	10 m	od 2007	EVA pre- familiarization
Roscosmos	Hydro Lab	Hy- dro Lab	Gagarin Cosmonaut Training Center, Zvyozdny gorodok, Moskwa, Rosja	koło	23 m	12 m	od 1980	Certy- fikacja Orlan
CNSA	Neutral Buoyancy Facility	ACC	China Astronaut Research and Training Center, Pekin, Chiny	koło	23 m	10 m	b/d	Certy- fikacja Feitian
JAXA	Weightlessness Environment Test System	WETS	Tsukuba Space Center, Ibaraki, Japan	koło	16 m	10,5 m	1997-2011	
Univer- sity of Mary- land	Neutral Buoyancy Research Facility	NBRF	University of Maryland, USA	koło	15 m	7,6 m	od 1992	

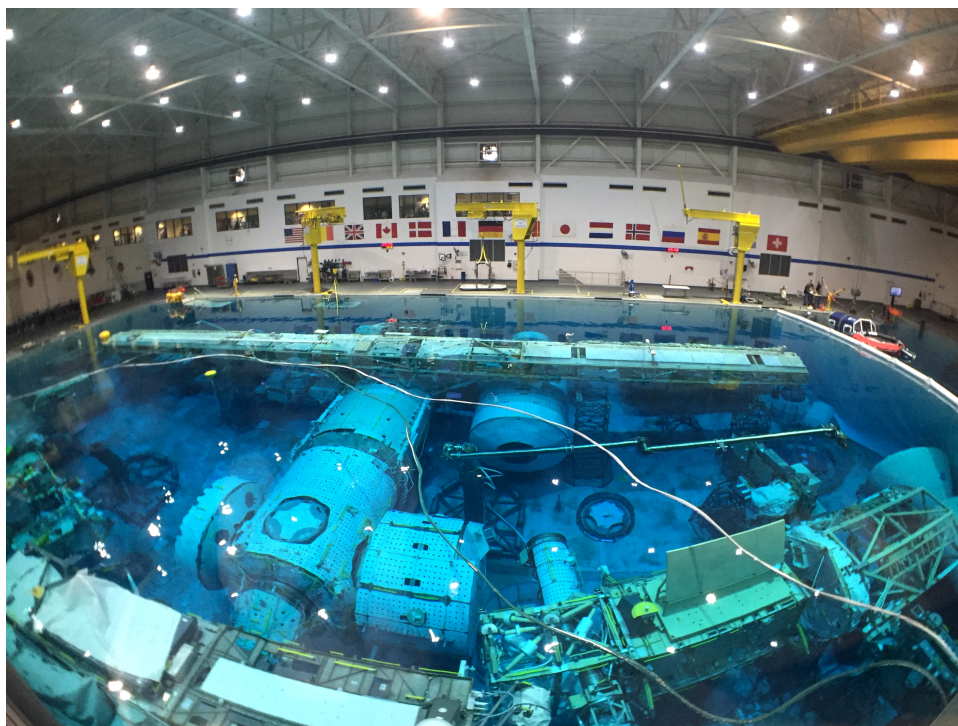


Ryc. 3.1: Porównanie skali oraz kształtów basenów neutralnej pływalności. Górny rząd pokazuje rzut z góry, dolny rzut z boku Źródło: Wikipedia

3.2.1 NASA - Neutral Buoyancy Laboratory

Największym ośrodkiem szkoleniowym neutralnej pływalności jest NBL (Neutral Buoyancy Laboratory), który znajduje się w budynku Sonny Carter Training Facility niedaleko Johnson Space Center w Houston, Texas. Jest to jednocześnie największy basen na świecie. Na jego dnie znajduje się szkielet (ang. *mock-up*) amerykańskiego segmentu Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Astronauci w trakcie szkolenia podstawowego oraz późniejszego szkolenia specyficznego przygotowują się do przeprowadzania najbardziej krytycznych zadań utrzymaniowych ISS, tj. serwisowanie oraz wymiana elementów na zewnątrz stacji i procedury awaryjne.

Obecnie gdy ISS jest w pełni operacyjny w basenie NBL odbywa się bardzo dużo symulacji związanych z przygotowaniem do misji. Kalendarz symulacji jest wypełniony w 100% a treningi odbywają się w trzech zmianach ośmiogodzinnych na dobę. Pozostawia to niewielki margines na opracowywanie planów oraz testów dla technologii związanych z przyszłą eksploracją Księżyca, Marsa i asteroid. Z tego powodu astronauty innych agencji szkolą się w swoich centrach w ramach "EVA pre-familiarisation", a następnie udają się do Houston w celu finalnego szkolenia i certyfikacji w wykorzystaniu skafandra EMU.



Ryc. 3.2: Basen neutralnej pływalności NBL znajdujący się w Houston, TX, USA. Źródło: NASA/JSC

3.2.2 ESA - Neutral Buoyancy Facility

Basen neutralnej pływalności (NBF) znajduje się w ośrodku EAC w Kolonii. Służy astronautom ESA do tzw. "EVA pre-familiarisation", czyli do szkolenia zapoznawczego z procedurami spacerów kosmicznych. Ze względu na stałe obłożenie basenu NBL w Stanach Zjednoczonych i brak możliwości swobodnego treningu zdecydowano się na wybudowanie ośrodka w Europie. Kurs przygotowawczy ma na celu wstępne wyszkolenie europejskich astronautów do treningów i certyfikacji, które będą odbywali w ośrodku NBL w Houston.

Najbardziej istotnymi elementami szkolenia w NBF są:

- procedury operacyjne EVA,
- zapoznanie się z protokołem bezpieczeństwa zaczepów do stacji,
- praktyka transferów między modułami,
- trening używania specjalistycznych narzędzi,
- rozwój umiejętności komunikacji z pozostałymi członkami załogi (IVA oraz EVA),
- umiejętność pracy w środowisku neutralnej pływalności,
- szkolenie scenariuszy awaryjnych,
- utrzymywanie świadomości sytuacyjnej w złożonym i zmieniającym się środowisku.

Symulowane wyjścia EVA dzielą się na tzw. jednostki treningowe. Podczas każdego zanurzenia wszystkie jednostki muszą zostać ukończone. Każde nurkowanie trwa około 5 godzin. Obecnie standardem jest 5-7 krotny trening każdej czynności certyfikowanej w NBL. Ilość zależy od stopnia skomplikowania jednostki szkoleniowej oraz poziomu umiejętności szkolonego astronauty.

Późniejszy przydział do spacerów kosmicznych podczas misji na ISS bazuje na ewaluacji umiejętności EVA, która jest robiona na wczesnym etapie szkolenia w ośrodku NBL w USA. Ci astronauty, którzy zaprezentują najwyższy poziom umiejętności zostaną skierowani na dodatkowe szkolenie. Późniejszy przydział uwarunkowany jest również ze względu na zapotrzebowanie lub/i sytuacje awaryjne.

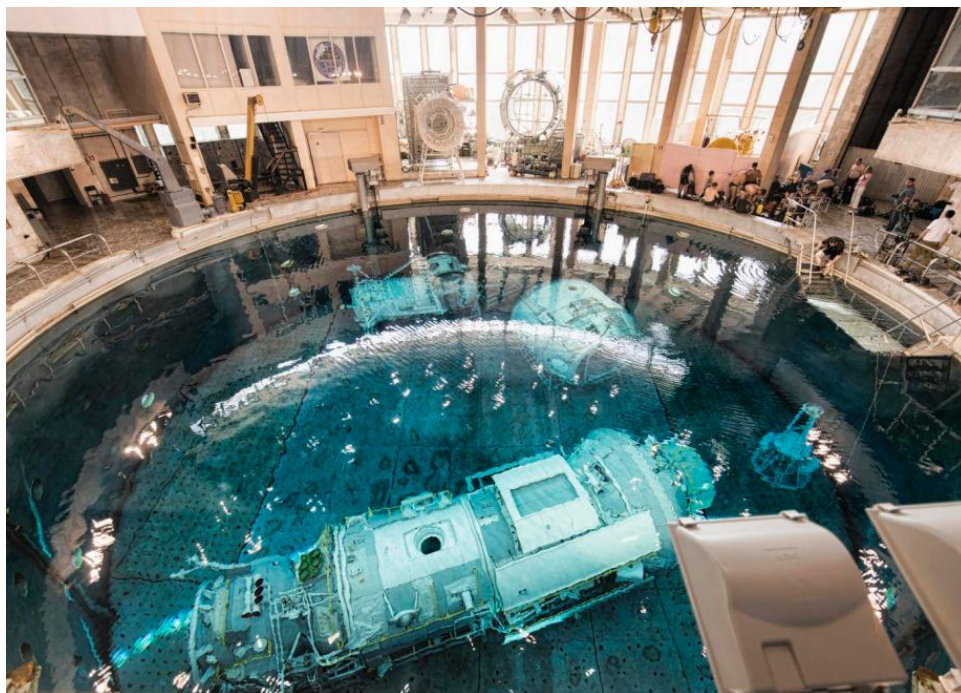
Ponadto ośrodek wykorzystywany jest również jako miejsce testowania narzędzi i procedur opracowywanych dla przyszłych misji Księżycowych.



Ryc. 3.3: Basen neutralnej pływalności NBF znajdujący się w European Astronaut Center w Kolonii w Niemczech. Źródło: ESA/S. Corvaja

3.2.3 Roskosmos - Hydro Lab

W celu certyfikacji do korzystania z rosyjskiego skafandra Orlan astronauta muszą przejść kurs w Centrum Przygotowania Kosmonautów w Gwiezdnym Miasteczku. Ośrodek ten wyposażony jest w basen Hydro Lab znajdujący się w budynku numer 30 oraz 32 [Ros14]. W basenie znajduje się rzeczywistych rozmiarów szkielet rosyjskiej części ISS. Kosmonauci ćwiczą poruszanie się pomiędzy modułami jak również operowanie specyficznym mechanizmem rosyjskiej śluzы powietrznej.



Ryc. 3.4: Basen neutralnej pływalności Hydro Lab znajdujący się w Centrum Przygotowania Kosmonautów w Gwiezdnym Miasteczku w Rosji. Źródło: Roskosmos/CPK

3.2.4 CNSA - Neutral Buoyancy Facility

Chińska Państwowa Agencja Kosmiczna otworzyła ośrodek do szkolenia taikonautów CNSA w Centrum Astronautycznym w Pekinie w Chinach. Ośrodek ten jednocześnie służy do certyfikacji z użytkowania skafandrów Feitan. Na chwilę obecną jedynie chińscy astronauta trenują w tym obiekcie. Stan ten może się zmienić, gdyż Chiny rozpoczęły wzmoczoną współpracę z ESA oraz Roskosmos w ramach konceptu Moon Village i wspólnej eksploracji Księżyca.



Ryc. 3.5: Basen neutralnej pływalności ACC znajdujący się w Centrum Astronautycznym w Pekinie. Źródło: China Space Report

3.2.5 JAXA - Weightlessness Environment Test System

Basen neutralnej pływalności agencji JAXA mieścił się Tsukuba Space Center w Ibaraki, Japonia. Od czasu silnego trzęsienia ziemi w 2011 roku ośrodek ten jest zamknięty. Japońscy astronauta trenują głównie w amerykańskim NBL.

3.2.6 University of Maryland - Neutral Buoyancy Research Facility

Ośrodek badawczy neutralnej pływalności (NBRF) został wybudowany w ramach grantu NASA, w którym udział wziął wydział Space Systems Laboratory uczelni Massachusetts Institute of Technology (MIT). Ze względu na brak miejsca na kampusie zdecydowano się na konstrukcję basenu na uniwersytecie stanu Maryland. W ośrodku tym nie odbywają się szkolenia astronautów. Basen jest aktywnie wykorzystywany w ramach badań nad przyszłymi misjami oraz testem innowacyjnego sprzętu do EVA.



Ryc. 3.6: Basen neutralnej pływalności NBRF znajdujący się na Uniwersytecie Maryland w USA. Źródło: Diamondback/Julia Reed

3.3 Wirówki przeciążeniowe

Wirówki przeciążeniowe są urządzeniami zdolnymi zwiększyć siłę odśrodkową i odczuwalne przyspieszenie grawitacyjne (ang. *g-load*). Dzięki odpowiedniej konstrukcji i zwiększaniu prędkości obrotowej można dostosować prędkość obrotową i symulowane przeciążenie. Dzięki wirówkom możliwe jest testowanie oraz trenowanie tolerancji organizmu na przeciążenia. W zależności od kierunku działania wektora przyspieszenia, czasu trwania i jego intensywności pojawiają się efekty:

- utraty kolorów wizji (ang. *grey-out*),
- widzenie tunelowe (ang. *tunnel vision*),
- utraty widzenia (ang. *blackout*),
- utraty świadomości (ang. *G-LOC - Gravity Induced Loss of Consciousness*),
- czerwone widzenia (ang. *redout*) - działanie przyspieszenia ze zwrotem ujemnym (ang. *negative g*).

Na zwiększenie czynnika przyspieszenia grawitacyjnego mają wpływ gwałtowne manewrowanie pojazdem, start rakiety, wejście w atmosferę, awaryjna trajektoria lotu w atmosferze tzw. krzywa balistyczna oraz lądowanie. Skuteczność treningu w wirówce przeciążeniowej pozwala astronautom na tolerowanie przyspieszeń o 1.5-2g większych niż niewytrenowanej osoby. Należy nadmienić, że trening wymaga odnawiania, gdyż tolerancja ulega "zapomnieniu" przez organizm.

Dla poprawy tolerancji stosuje się również uciskowe spodnie przeciążeniowe. Nacisk na naczynia powoduje spowolnienie odpływu krwi z nóg i mniejszą ilość krwi uderzającej do mózgu. Nacisk uzyskuje się statycznie (silne związanie) lub dynamicznie przez nadmuchiwanie wszytych komór z powietrzem wraz ze wzrostem przeciążenia. Astronauci zakładają taki ubiór pod skafander Sokol przygotowując się do powrotu na Ziemię [Pea17]. Ponadto tolerancję można zwiększyć stosując manewr AGSM (ang. *Anti-G Straining Maneuver*). Odpowiedni trening oddychania pozwala na zwiększenie tolerancji przeciążeń i dłuższe utrzymanie świadomości w przypadku ich wystąpienia.

Do najważniejszych wirówek przeciążeniowych wykorzystywanych w załogowych lotach kosmicznych można zaliczyć:

- CF-7, Roskosmos,

- CF-18, Roskosmos,
- 20-G Centrifuge, NASA,
- Human Performance Centrifuge, NASA,
- Short Radius Centrifuge, NASA.

Tab. 3.3: Lista wirówek przeciążeniowych używanych do przygotowania astronautów w załogowych lotach

Właściciel	Lokacja	Nazwa	Promień [m]	Przyspieszenie maksymalne [g]	Masa średnia kość [kg]	Prędkość maksymalna obrotowa [RPM]	Uwagi
NASA	Ames Research Center, CA, USA	20-G Centrifuge	8.84	20 (człowiek 12.5)	50	544.3	Otwarcie 1960, remont generalny 1990
Roscosmos	CPK, Gwiazdne Miasteczko, Rosja	CF-7	7	20	50.7	b/d	
Roscosmos	CPK, Gwiazdne Miasteczko, Rosja	CF-18	18	30	b/d	b/d	możliwość zmiany wilgotności powietrza, temperatury, ciśnienia i składu gazowego atmosfery
NASA	Ames Research Center, CA, USA	HPC - Human Performance Centrifuge	1.98	5	50	226.8	
NASA	University of Texas Medical Branch, Galveston, TX, USA	SRC - Short Radius Centrifuge	3	2.5	30	b/d	używana w programie Apollo

3.3.1 CPK - CF-7

Wirówka przeciążeniowa CF-7 została uruchomiona w 1973 roku. Wybrane parametry techniczne przedstawia Tab. 3.3. Zakres badań prowadzonych w urządzeniu [CPK18]:

- test tolerancji przyspieszenia podczas szkolenia i selekcji pilotów i kosmonautów,
- badanie wpływu ekstremalnych warunków lotów kosmicznych na organizm człowieka,
- badanie nad metodami poprawy tolerancji przeciążeń i obniżenie negatywnych efektów,
- umiejętność przewidywania wpływu wysokich przeciążeń na organizm człowieka,
- stworzenie symulatora przyszłych pojazdów kosmicznych i samolotów,
- testowanie lotniczych i kosmicznych modeli.



Ryc. 3.7: Wirówka przeciążeniowa CF-7 znajdująca się w Centrum Przygotowania Kosmonautów w Gwiezdnym Miasteczku w Rosji. Źródło: Roskosmos/CPK

3.3.2 CPK - CF-18

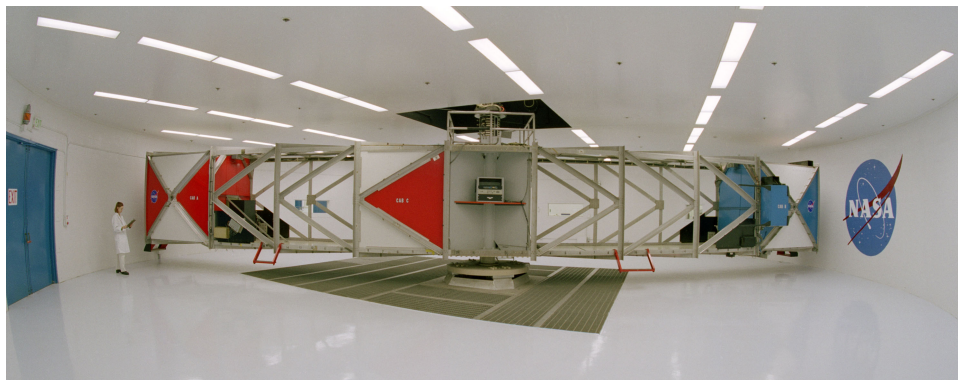
W 1980 roku w Centrum Przygotowania Kosmonautów otworzono drugą wirówkę przeciążeniową, która umożliwia wymianę wnętrza kabiny, oraz parametrów wewnątrz kabiny tj.: temperatura, skład powietrza, wilgotność i ciśnienie. Wirówka CF-18 ma większy gradient przyspieszenia oraz maksymalną prędkość obrotową dającą symulowane przeciążenie rzędu 30g [CPK18]. Wybrane parametry techniczne przedstawia Tab. 3.3.



Ryc. 3.8: Wirówka przeciążeniowa CF-18 znajdująca się w Centrum Przygotowania Kosmonautów w Gwiezdnym Miasteczku w Rosji. Źródło: Roskosmos/CPK

3.3.3 NASA - Ames Research Center 20-G Centrifuge

Amerykańska wirówka przeciążeniowa 20-G Centrifuge znajduje się w ośrodku Ames Research Center, Moffett Field, CA w USA przedstawiona jest na Ryc. 3.9. Urządzenie służy do szkolenia personelu latającego Air Force, US Navy oraz dla astronautów NASA [NAS17]. Wybrane parametry techniczne przedstawia Tab. 3.3. Niezależnie przed lotem statkiem Sojuz astronauta NASA i ESA przechodzą szkolenie w Rosyjskich wirówkach CF-7 i CF-18.



Ryc. 3.9: Wirówka przeciążeniowa 20g znajdująca się w Ames Research Center, Moffett Field, CA w USA.
Źródło: NASA/Ames

3.3.4 Wirówki przeciążeniowe do badań naukowych na ludziach

Istnieje wiele obiektów przeznaczonych do badań nad wpływem wysokich przeciążeń na organizm człowieka. Część z nich nie jest bezpośrednio wykorzystywana w procesie szkolenia astronautów, ale może uczestniczyć w eksperymentach przeprowadzanych na ich organizmie. Do najważniejszych ośrodków można zaliczyć:

- Short Radius Centrifuge, University of Texas Medical Branch, Galveston, TX, USA,
- Short Arm Human Centrifuge, DLR, Niemcy,
- Dynamic Flight Simulator, Flight Physiological Center, Szwecja,
- Wirówka przeciążeniowa - symulator szkoleniowy, WIML, Polska.

Polska posiada jedną z najnowocześniejszych wirówek przeciążeniowych certyfikowanych do badań z udziałem ludzi oraz do prowadzenia treningów przeciążeniowych. Wirówka ta znajduje się w ośrodku Wojskowego Instytutu Medycyny Lotniczej w Warszawie. Infrastruktura ta jest unikalna w skali światowej, gdyż jako jedna z trzech potrafi symulować przeciążenia w osi Gx+ oraz Gx-.

3.3.5 Wirówki przeciążeniowe do badań naukowych

Do badań naukowych wykorzystujących zwiększone przyspieszenie grawitacyjne i siłę odśrodkową, lecz nie certyfikowanych do wykorzystania przy badaniach na ludziach można zaliczyć wybrane wirówki przeciążeniowe:

- Large Diameter Centrifuge, ESA ESTEC, Noordwijk, Holandia,
- 8-Foot Diameter Centrifuge, NASA Ames Research Center, CA, USA,
- 2-Meter Diameter Centrifuge, NASA Ames Research Center, CA, USA,
- 24-Foot Diameter Centrifuge, NASA Ames Research Center, CA, USA.

3.4 Komory niskich ciśnień, próżniowe oraz termalne

Zastosowanie komór niskich ciśnieniowych oraz komór próżniowych (ang. *vacuum chamber*) w trakcie szkolenia ma swoje początki wraz z pierwszymi prototypami skafandrów. Wówczas stosowano je do sprawdzania szczelności wytwarzanych iteracji ubrań ciśnieniowych. Obecnie podczas treningu komora ciśnieniowa wykorzystywana jest na cztery główne sposoby:

- zapoznanie się z objawami hipoksji (ćwiczenia bez skafandra),
- sprawdzanie szczelności skafandra,
- trening procedur awaryjnych skafandrów,
- zapoznanie się ze środowiskiem braku ośrodka gazowego.

Astronaucci podobnie jak piloci samolotów stratosferycznych tj. U2, są poddawani szkoleniom w skafandrze wewnątrz komór ciśnieniowych. Podczas szkolenia trenujący doświadczają momentu gwałtownego rozhermetyzowania kabiny na dużej wysokości oraz uruchomienia automatycznego systemu podtrzymania życia w skafandrze.

3.4.1 Komory termalne

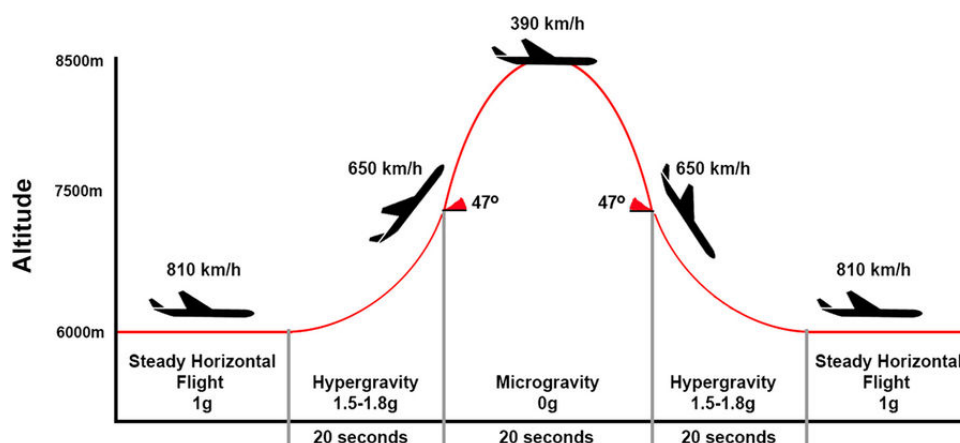
Komory termalne (ang. *thermal chamber*) wykorzystuje się aby zapoznać astronautów ze zmiennym środowiskiem cieplnym występującym na zewnątrz pojazdu. Podczas ćwiczeń w komorach termalnych ćwiczący uczą się regulacji temperatury za pomocą systemu klimatyzacji skafandra.

3.5 Loty paraboliczne

W celu zapoznania astronautów z wpływem mikrogravitacji na organizm człowieka oraz specyficznym zachowaniem podczas spadku swobodnego agencje kosmiczne zaczęły stosować samoloty w lotach parabolicznych. W zależności od parametrów paraboli można otrzymać:

- mikrogravitacja 0g,
- przyciąganie na powierzchni Księżyca (16,6% przyciągania ziemskiego),
- przyciąganie na powierzchni Marsa (40% przyciągania ziemskiego).

Tab. 3.4 przedstawia zestawienie samolotów używanych przez agencje kosmiczne i prywatne firmy do lotów parabolicznych.



Ryc. 3.10: Profil lotu parabolicznego podczas symulacji stanu braku grawitacji. Źródło: Nature

Tab. 3.4: Zestawienie samolotów używanych do lotów parabolicznych

Agencja	Samolot	Lata operacji	Lotnisko	Kod ICAO lotniska
CSA	T-33	1988-1992	Ottawa International Airport	KPCW
CSA	Falcon 20	od 1993	Ottawa International Airport	KPCW
Ecuadorian Civilian Space Agency	T-39 Sabreliner	od 2008	Mariscal Sucre International Airport	SEQM
ESA	Caravelle	1984 - 2014	Bordeaux Airport	LFBD
Novespace	Airbus A300	1984 - 2014	Bordeaux Airport	LFBD
Novespace	Airbus A310	od 2014	Bordeaux Airport	LFBD
Roscosmos	Il-76K/Il-76MDK/Il-76MDK-II	od 1981	Chkalovsky airfield	UUMU
Roscosmos	MiG-15 UTI	wczesne lata programu	Chkalovsky airfield	UUMU
Roscosmos	Tupolev TU-104A	do 1981	Chkalovsky airfield	UUMU
NASA	C-131 Samaritan	1959	Ellington Airport	KEFD
NASA	KC-135 Stratotankers	1973-1995	Ellington Airport	KEFD
NASA	McDonnell Douglas C-9B Skytrain II	1995-1997	Ellington Airport	KEFD
Zero-G	Boeing 727-200	od 2004	Arlington, Virginia	b/d

3.6 Laboratoria Wirtualnej Rzeczywistości

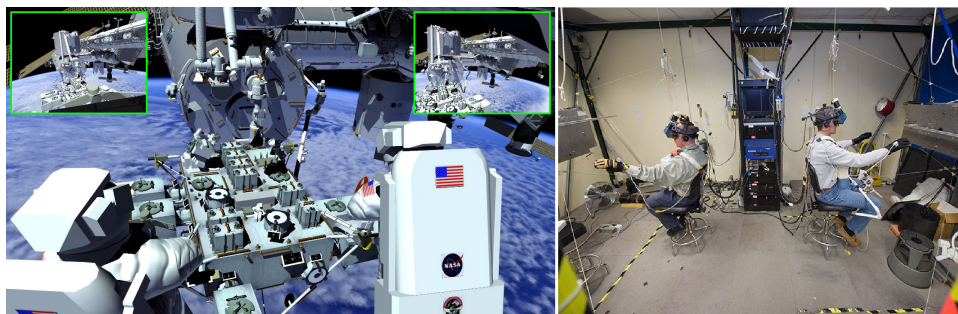
Laboratoria wirtualnej (ang. *VR - Virtual Reality*) oraz rozszerzonej (ang. *AR - Augmented Reality*) pozwalają na trening skomplikowanych czynności oraz procedur bez narażania życia astronautów i konieczności posiadania kosztownej infrastruktury. Ponadto astronauta szkolą się w używaniu technologii haptycznych tj. sprzężenia zwrotnego (ang. *Force Feedback*) oraz umiejętności interakcji człowiek-maszyna (ang. *HMI - Human-Machine Interaction*). Do najważniejszych laboratoriów VR należą:

- Virtual Reality Laboratory (VRL), NASA,
- Haptics Laboratory, ESA.

3.6.1 Virtual Reality Laboratory (VRL), NASA

VRL wyposażony jest w symulatory i urządzenia pozwalające na odtworzenie zewnętrznej części stacji. Dzięki okularom VR astronauta ma możliwość rozglądania się w środowisku i trenowanie świadomości sytuacyjnej podczas EVA. Rękawice i system który ma na sobie podczas szkolenia pozwala na kinestetyczne odczucie (ang. *kinesthetic sensation*), czyli symulowane poczucie inercji obiektów. Rękawice mogą odtworzyć uczucie do 226,8 kg (500 lbs). W laboratorium VRL astronauta szkolą się w zakresie procedur i systemów EVA, tj.:

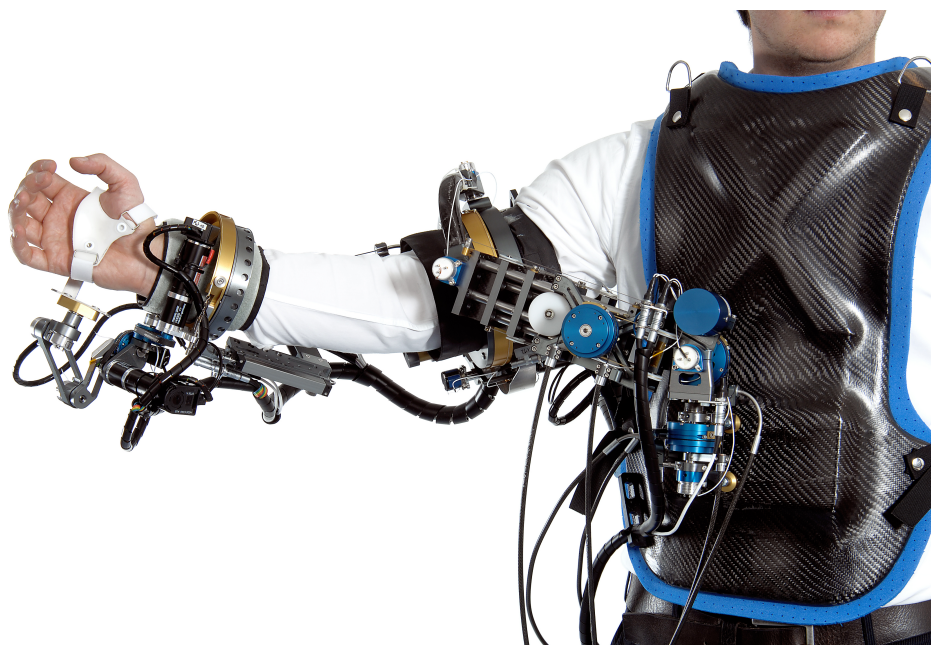
- obsługa systemu ratunkowego S.A.F.E.R.,
- kontrolowanie manipulatora SSRMS Canadarm2,
- rozkładu elementów zewnętrznych stacji ISS,
- umiejętności lokalizacji względem elementów stacji,
- transferu między modułami stacji.



Ryc. 3.11: Astronaucci trenujący EVA w laboratorium VRLab. Źródło: NASA/JSC

3.6.2 Haptics Lab ESA

Laboratorium Haptics Europejskiej Agencji Kosmicznej znajduje się w Centrum Inżynierii i Nauki ESTEC w Holandii. Laboratorium umożliwia testowanie systemów robotycznych oraz interfejsu HMI. W laboratorium opracowano egzoszkielec X-Arm-II (Rys. 3.11.). Ponadto astronauci ESA ćwiczą umiejętność sterowania łazikami z wykorzystaniem kontrolerów z Force Feedback.



Ryc. 3.12: X-Arm-II exoskeleton jest wykorzystywany do symulacji odczuć podczas sterowania maszynami. Źródło: ESA

3.7 Symulatory lotu

Symulatory lotu są od wielu lat wykorzystywane w lotnictwie i towarzyszyły astronautom w ich szkoleniu od początków Space Race. W najprostszym podziale symulatory lotu dzielą się na stacjonarne (Basic Instrument Training Device [BITD], Flight and Navigation Procedures Trainer [FNPT], Flight Training Device [FTD]) oraz ruchome (ang. *FFS - Full Flight Simulator*) [Kel17]. Symulatory FFS pozwalają na odczucie zwrotów oraz odchyień. Do najbardziej znanych symulatorów zalicza się:

- symulator lądownika LM w programie Apollo,
- Shuttle Motion Simulator (SMS),
- symulator statku kosmicznego Soyuz.

Symulatory lotu służą nie tylko szkoleniu astronautów ale również pozwalają na opracowywanie procedur i optymalizację konstrukcji kapsuł i awioniki. Astronaucci współpracują z inżynierami opracowującymi nowe techniki pilotażu, ergonomię użytkownika w locie oraz rozmieszczenie elementów interfejsu zarówno w kokpicie jak i na wielofunkcyjnym ekranie (ang. *MFD - Multi-functional Display*). Do symulatorów przyszłych statków kosmicznych można zaliczyć:

- Federacja,
- Orion,
- Boeing CST-100 Starliner,
- SpaceX Crew Dragon.



Ryc. 3.13: Astronaucci Oleg Novitskiy (Roskosmos) oraz Thomas Pesquet (ESA) ćwiczą procedury w symulatorze Sojuz w CPK w Gwiazdnym Miasteczku. Źródło: ESA

3.8 Przyrządy ćwiczeniowe

W siłowniach i laboratoriach w których ćwiczą astronauty coraz częściej zaczyna się wykorzystywać nowoczesne technologie. Wśród nowatorskich pomysłów prowadzi się badania nad wykorzystaniem technologii VR do stymulacji mózgu podczas wykonywania ćwiczenia w celu przyspieszenia rehabilitacji astronautów powracających z długotrwałych lotów. Do przyrządów ćwiczeniowych wykorzystywanych podczas szkolenia i późniejszej fizjoterapii można zaliczyć:

- koła reńskie (obroty prawo-lewo),
- żyroskop (ang. *MAT - Multi-Axial Trainer*) (obrót wokół trzech osi),
- looping (huśtawka 360° z możliwością obrotu wokół osi pionowej ćwiczącego),
- ergometr,
- pionowe bieżnie (ang. *vertical treadmill*),
- połączenie systemów VR i bieżni zmieniających pochylenie i odchylenie (ang. *Adaptability Training System*),
- system bieżni nadciśnieniowych (ALTER).

System Vertical Treadmill dzięki zmianie kąta nachylenia bieżni i odległości wysięgnika ma możliwość zmiany obciążenia odczuwalnego do symulowania grawitacji Księżyca oraz Marsa Ryc. 3.14.



Ryc. 3.14: Astronauta podczas ćwiczenia na Vertical Treadmill. Źródło: NASA

3.9 Systemy podwieszania symulujące środowisko obniżonej grawitacji

Do przygotowania astronautów w ograniczonym zakresie ruchu oraz przy zmieniającej się perspektywie widoku w programach szkolenia zastosowano system podwieszania. Ponadto to rozwiązanie pozwala na symulację grawitacji panującej na Księżycu, Marsie i innych ciałach niebieskich poprzez odciążenie astronauty i zastosowanie lin o odpowiedniej sprężystości.

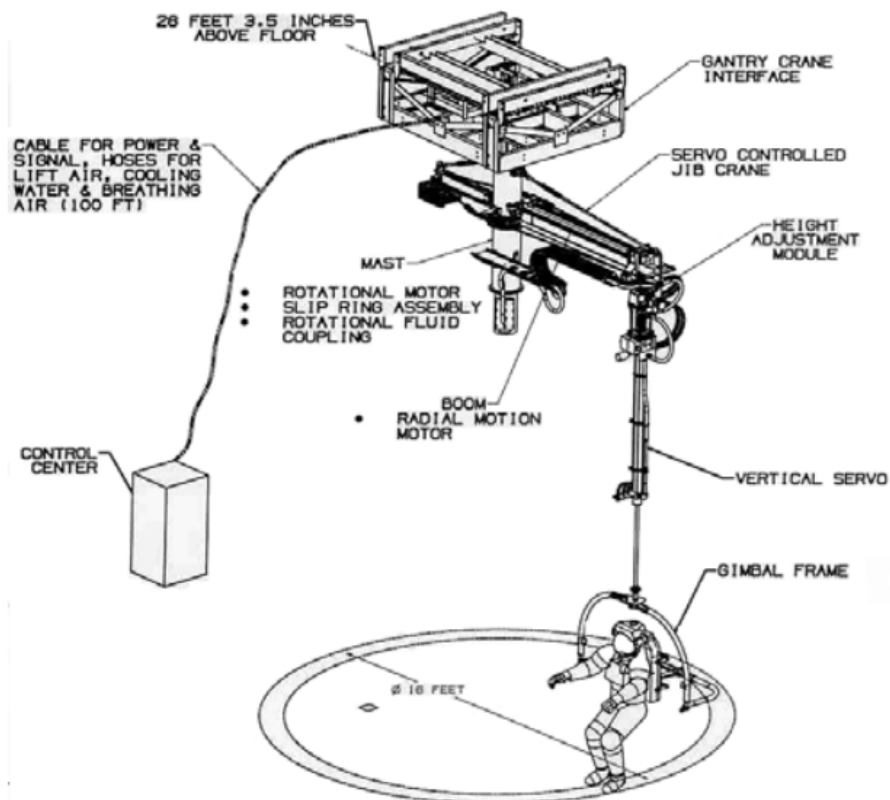


Figure C.4-1. Advanced mechanical counter-balance – the Partial Gravity Counterbalance System.

Ryc. 3.15: System podwieszania zastosowany do treningu astronautów w Centrum Przygotowania Kosmonautów w Gwiezdnym Miasteczku w Rosji. Źródło: NASA/JSC

3.10 Eksperymenty izolacyjne

Długotrwały pobyt w przestrzeni kosmicznej przy niezmiennym towarzystwie wpływa na bardzo dużo złożonych procesów psychologicznych i sociodynamicznych. W szczególności przy planowanych misjach na Marsach czy dłuższych pobytach na Księżycu konieczne jest opracowanie sposobów wczesnej detekcji problemów psychicznych oraz sprawniejsze ich rozwiązywanie. W tym celu organizacje kosmiczne wykorzystują następujące metody:

- wykorzystanie komór (pojemników) izolacyjnych tj. Personal Rescue Enclosure (PRE),
- przeprowadzanie badań izolacji w ośrodkach badań medycznych,
- wykorzystanie długotrwałych pobytów w habitatach wraz z połączeniem eksploracji środowiska.

3.10.1 Personal Rescue Enclosure

Urządzenia Personal Rescue Enclosure zostały stworzone na potrzeby prototypowego systemu ratownictwa załóg promów Space Shuttle. Mają kształt przypominający piłkę plażową o 86 cm średnicy i 0,33 metrów sześciennych objętości i są skonstruowane z materiału na bazie Kevlaru [Sha09]. Obecnie wykorzystywane są podczas selekcji astronautów w celu weryfikacji braku klaustrofobii, ciemności, percepcji czasu oraz izolacji.

3.10.2 Badania izolacyjne w ośrodkach medycznych

Najbardziej znanym badaniem była misja Mars-500. Podczas trwającej 520 dni izolacji sprawdzano zachowanie załogi w symulowanej misji na Marsa. Program badań trwał między 2007 and 2011 rokiem i był prowadzony przez Instytut Problemów Biomedycznych Rosyjskiej Akademii Nauk przy współpracy Europejskiej Agencji Kosmicznej.

3.10.3 Badania izolacyjne w habitatach

Na chwilę obecną na świecie jest niewiele placówek zajmujących się tematyką badań izolacyjnych połączonych z eksploracją środowiska. Każda z takich placówek specjalizuje się w określonym i unikalnym typie symulacji. Do habitatów w których odbywają się pobyty powyżej tygodnia można zaliczyć:

- AATC, Polska,
- Lunares, Polska,
- HI-Seas, USA,
- MDRS, USA,
- FMARS, Kanada,
- Aquarius, USA,
- HERA, USA.

Habitat Lunares został wybudowany przez firmę Space Garden przy udziale autora pracy (Mateusz Harasymczuk) oraz pomysłodawczynię dr Agatę Kołodziejczyk. Habitat ulokowany jest na lotnisku w Pile (ICAO: EPPK) w hangarze przy 2,5 km betonowym pasie startowym. W Lunares prowadzone są badania dotyczące:

- subiektywnej percepcji czasu,
- dynamiki grupy i wpływu izolacji na relacje międzyludzkie,
- ergonomii habitatu,
- architektury habitatu,
- systemu inteligentnych sensorów i czujników,
- systemów aquaponicznych i hydroponicznych,
- wykorzystania lamp fizjologicznych w pobudzaniu receptorów serotoninowych,
- sztucznym sterowaniem rytmem dobowym (ang. *circadian rhythm*),
- planowaniem pracy i rozkładu zajęć astronautów,
- badania nad domknięciem półotwartego systemu podtrzymywania życia,
- wykorzystanie zasobów dostępnych w środowisku (ang. *ISRU - In-Situ Resource Utilization*),
- systemu operacyjnego habitatów pozaziemskich.

Selekcja kandydatów

Ability to parse and solve complex problems rapidly with incomplete information in a hostile environment, this is what makes you an astronaut. Astronaut is a person who can quickly without complete information make a decision when decisions can mean life or death.

-- Chris Hadfield, CSA Astronaut, An Astronaut's Guide to Life on Earth [Had13]

Astronauts are overachievers and some astronauts go on to very eclectic things. One of the most interesting astronauts is Story Musgrave. He was an active astronaut for over 30 years and holds the distinction of being the only astronaut to fly on all five space shuttles. While he was an astronaut he obtained 7 graduate degrees – math, computers, chemistry, medicine, physiology, literature, and psychology. In his spare time he was a trauma surgeon, pilot, and parachutist. Today he operates a palm farm in Florida, a production company in Australia, and a sculpture company in California. He is a landscape architect. He has worked for Walt Disney's Imagineering team as a concept artist. He teaches design at the Art Center College of Design in Pasadena. And he's a public speaker with 20 honorary doctorates.

-- Robert Frost, NASA MCC, What do astronauts do once they leave NASA? [Fro]

Przygotowanie astronautów i kosmonautów do długotrwałych misji kosmicznych zaczyna się od wyboru kandydatów do szkolenia podstawowego. Na chwilę obecną najczęściej rekrutuje się osoby wśród najbardziej pożądaných zawodów, tj.:

- pilot, a w szczególności pilot testowy,
- lekarz,
- inżynier,
- naukowiec (z zakresu nauk przyrodniczych).

Na wybór kandydata ma ogromny wpływ również doświadczenie, wykształcenie, nalot lotniczy oraz przebyte kursy i wyprawy przetrwania. Astronaucci to także osoby publiczne często występujące przed dużymi zgromadzeniami dlatego wysoce ceniona jest umiejętność posługiwania się mediami społecznościowymi, pisania tekstów oraz przemawiania [How12]. Język angielski i rosyjski są obecnie oficjalnymi używanymi na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) dlatego od kandydatów wymaga się również znajomości jednego z powyższych. Mile widziana jest umiejętność komunikacji w obu językach. Dodatkowo ze względu na międzynarodowy charakter misji kosmicznych pożądane jest zainteresowanie kulturą Europejską, Stanów Zjednoczonych, Japonii i Rosji.

Osoby biorące udział w rekrutacji poddawane są skrupulatnym badaniom mającym na celu wyłonienia najlepszych kandydatów. Podczas badań brane są pod uwagę takie czynniki jak [Psy12], [Hea12], [Qua12]:

- kondycja fizyczna i wydolność organizmu,

- zdolność adaptacji do zmiennych warunków,
- stabilność psychiczna,
- odporność na stres,
- umiejętność działania pod presją,
- umiejętność podążania za procedurami,
- aktywność psychomotoryczna,
- wytrzymałość na przeciążenia,
- umiejętność kojarzenia i przewidywania.

4.1 Kryteria doboru kandydatów

Proces podstawowego szkolenia astronautów trwa około dwa lata. Ze względu na dużą ilość osób i zasobów zaangażowanych w szkolenie kandydata cykl ten jest bardzo kosztowny. Wsparcie jakiego wymaga przygotowanie do i po misji jest ogromne. Z tego powodu agencje kosmiczne wybierają najbardziej wykwalifikowane osoby na to stanowisko. Aby przygotować misję kosmiczną wymagane są lata pracy wielu zespołów profesjonalistów. I choć pozycja astronauty jest jedną z najbardziej prestiżowych i pożądanych na świecie to ich sukces zbudowany jest przez zespoły instruktorów, trenerów, inżynierów i techników pozostających na Ziemi [How12].

Ograniczone możliwości w zakresie wysyłania ludzi w przestrzeń kosmiczną i koszt tego przedsięwzięcia wymaga starannego doboru kandydatów. Z tego powodu proces selekcji astronautów i kosmonautów jest zadaniem trudnym. Wymaga od ubiegających się o to stanowisko umiejętności multidyscyplinarnych oraz wysokiego poziomu przyswajania wiedzy z zakresu wielu dziedzin naukowych i operacyjnych. W poniższym rozdziale przedstawione zostaną kryteria oraz proces wyboru najlepszych kandydatów. Tab. 4.1 przedstawia zestawienie minimalnych umiejętności i pożądanych cech kandydatów na astronautów w różnych agencjach kosmicznych.

Tab. 4.1: Wymagania dla kandydatów na astronautów i kosmonautów [NASA-Astronaut-Requirements], [ESA-Astronaut-Training-Requirements], [Komarov2017]

Parametr	NASA	Roscosmos	ESA	JAXA	CNSA
Płeć	mężczyzna lub kobieta	mężczyzna lub kobieta	mężczyzna lub kobieta	mężczyzna lub kobieta	mężczyzna lub kobieta
Język wymagany	angielski	rosyjski	dobra znajomość angielskiego	japoński	chiński
Język dodatkowy	rosyjski (pożądany)	angielski na poziomie licealnym	rosyjski (pożądany)	dobra znajomość angielskiego	angielski
Obywatelstwo	USA	Federacja Rosyjska	Obywatelstwo państwa członkowskiego ESA (ESA Member State)	japońskie	chińskie
Wzrost [cm]	157,5 - 190,5 (62-75 cali)	150-190	153-190	b/d	160 - 172 cm
Ciśnienie	140/90	b/d	b/d	b/d	b/d
Waga	b/d	b/d	b/d	b/d	50-70 kg
Wiek	27-37	do 35	preferowany 27-37	b/d	25-30
Doświadczenie zawodowe	min. 3 lata pracy zawodowej	preferencja dla osób z doświadczeniem w przemyśle lotniczym, raketowym lub kosmicznym na terytorium Federacji Rosyjskiej	3 lata	b/d	b/d
Minimalne wykształcenie	licencjat lub inżynier	wyższe	magisterskie	wyższe	wyższe
Specjalizacja naukowa/inżynierska	nauki przyrodnicze, inżynieria lub medycyna	inżynieria, nauka	nauki przyrodnicze, inżynieria lub medycyna	nauki przyrodnicze, inżynieria lub medycyna	nauki przyrodnicze lub inżynieria
Specjalizacja lotnicze	min. 1000 godzin nalogu dowódczego na stanowisko pilota	b/d	mile widziana licencja PPL(A)	b/d	Minimum 800 godzin nalogu dowódczego
Wzrok (widzenie bliskie)	20/20 w każdym oku (dopuszczalna korekcja)	b/d	1.0	b/d	b/d
Wzrok (widzenie dalekie)	20/200 w każdym oku (dopuszczalna korekcja)	b/d	1.0	b/d	b/d

4.2 Selekcja kondycyjna

Charakter pracy astronauty wymaga wysokiej aktywności kondycyjnej i dużej sprawności fizycznej. Podczas wielomiesięcznych, a docelowo wieloletnich, misji kosmicznych aby przeciwdziałać niebezpiecznemu wpływowi braku grawitacji na układ szkieletowy oraz atrofii mięśni astronauta muszą ćwiczyć przynajmniej dwie godziny dziennie.

Kandydaci którzy biorą udział w rekrutacji muszą być zdolni do wytrzymywania zadanych obciążeń i dużego wysiłku fizycznego. Umiejętności te wymagają wieloletniego przygotowania kondycyjnego oraz wytrzymałościowego i są oceniane przez komisję rekrutacyjną.

Podczas rekrutacji oceniane są między innymi [CSA18]:

- umiejętność pływania (przeplnięcie 250m w 10 minut),
- umiejętność utrzymywania się na powierzchni wody bez użycia rąk (ang. *tread water*) 10 minut,
- umiejętność pływania pod wodą (minimum 15m),
- bieg po tzw. kopercie,
- bieg długodystansowy ze zwiększającym się tempem,
- podnoszenie ciężarów i ocena siły górnej partii ciała.

4.3 Selekcja medyczna

Zdrowie kandydata jest jednym z najważniejszych kryteriów doboru. Osoby rekrutowane muszą się wykazać niezwykłą adaptacją do warunków panujących w stanie nieważkości. Jest to podyktowane głównie ogromnym kosztem wyszkolenia astronautów i chęcią zmniejszenia możliwości zaistnienia problemów podczas misji ze względu na stan zdrowia pracującego operatora. Sprawność układu ruchu, krążenia oraz równowagi ma ogromne znaczenie dla późniejszej pracy kandydata.

Ponadto jednym z kluczowych wskaźników jest także wzrost. Osoby niższe ze względu na niższą odległość pomiędzy sercem a mózgiem są bardziej predestynowane do wytrzymywania większych przeciążeń. Poza samą predyspozycją ze względów medycznych wzrost ma znaczenie ze względów konstrukcyjnych statków kosmicznych. Na chwilę obecną jedynym sposobem dostarczania astronautów na Międzynarodową Stację Kosmiczną jest rosyjski statek Sojuz TMA, który jest przewidziany dla osób ze wzrostem z zakresu 150 do 190 cm [ISS16] (wersje TM przed czerwcem 1999 miały ograniczenie od 164 do 182 cm). Z tego samego powodu do amerykańskiego korpusu astronautów przyjmowani są kandydaci o wzroście pomiędzy 62 i 75 cali [NAS04] co odpowiada 157,5 i 190,5 cm. Wymaganiem Europejskiej Agencji Kosmicznej w tej dziedzinie jest wzrost pomiędzy 153 a 190 cm [ESA16]. Tab. 4.2 przedstawia zestawienie parametrów antropometrycznych dla kandydatów na astronautów.

Powyższe parametry są weryfikowane podczas badań medycznych w procesie selekcji astronautów wykorzystując [ESA16]:

- koło reńskie,
- krzesła obrotowe,
- komory ciśnień,
- wirówki przeciążeniowe (centrifuge),
- loty w środowisku braku grawitacji.

Ponadto podczas treningu operacyjnego astronauta latają samolotami naddźwiękowymi, więc muszą posiadać zdolności medyczne na poziomie pilota wojskowego. Wśród badań można wymienić:

- RTG Klatki Piersiowej,
- pantomogram,
- RTG zatok,
- USG Jamy brzusznej,

- próba wysiłkowa na bieżni,
- analiza zapisu badania Holtera,
- echo serca,
- analiza zapisu EEG,
- analiza ENG oraz odpowiedzi układu równowagi na stymulacje błędniaka,
- spirometria,
- zapis EKG,
- badanie okulistyczne,
- badanie internistyczne,
- badanie neurologiczne,
- badanie chirurgii-ortopedycznej,
- badanie laryngologiczne,
- audiogram i kontrola słuchu,
- pomiary antropometryczne,
- próba Komory Niskich Ciśnień,
- rezonans magnetyczny,
- badanie stomatologiczne,
- próba w wirówce przeciążeniowej.

Tab. 4.2: Wybrane parametry członków załogi statku kosmicznego Sojuz TM (zmodyfikowany po czerwcu 1999) [Hall2009]

Parametr	Zakres	Jednostka
Wzrost w pozycji stojącej	150 - 190	cm
Wzrost w pozycji siedzącej	80 - 99	cm
Masa ciała	50 - 95	kg
Długość stopy	29,5	cm
Szerokość ramion	do 52	cm
Głębokość ramion	do 45	cm
Głębokość bioder w pozycji siedzącej	do 41	cm
Szerokość ud	do 41	cm
Obwód klatki piersiowej	brak wymagań	n/d

4.4 Selekcja umiejętności technicznych i naukowych

Jednym z najbardziej kluczowych elementów selekcji kandydatów na astronautów i kosmonautów jest dobór ze względu na umiejętności i doświadczenie. Obecnie agencje odchodzą od specjalizacji astronautów [Had13], [And15] i każdy z członków załogi musi poznać wszystkie aspekty pracy na orbicie, tj. pilotowanie statków kosmicznych, prowadzenie badań naukowych, udzielanie pomocy medycznej i przeprowadzanie zadań operacyjnych, kwestie związane z manipulowaniem ramion robotycznych i dokonywanie spacerów kosmicznych. Astronauta staje się operatorem czyli wysoce wykwalifikowanym specjalistą w wykonywaniu starannie zaplanowanych i przetrenowanych czynności. To wymaga dużej wszechstronności od kandydata i umiejętności adaptowania się do zmieniających się warunków.

W zależności od agencji kosmicznej wymagane jest wykształcenie na różnym poziomie. Amerykańska NASA wymaga jedynie ukończenia studiów pierwszego stopnia na poziomie licencjata/inżyniera w kategoriach nauk przyrodniczych i inżynierskich. Europejska ESA wymagają przynajmniej stopnia magistra oraz wysoko ceni ukończenie specjalności Lotnictwo i Kosmonautyka. Kandydat, który pozostał jedynie na minimalnym poziomie

ma niewielkie szanse na wybór. Agencje kosmiczne preferują specjalistów i pracowników naukowych w stopniu doktora nauk (ang. *PhD*).

W przypadku lekarzy pod uwagę brane jest doświadczenie zawodowe oraz profil specjalizacyjny. W zależności od prowadzonych badań szanse na wybór mają lekarze o następujących specjalizacjach:

- radiolog,
- ortopeda,
- kardiolog/chirurg naczyniowy (ang. *cardiovascular*),
- okulista.

4.5 Selekcja ze względu na doświadczenie lotnicze

Doświadczenie lotnicze nie jest wymagane dla kandydatów nie ubiegających się o rolę pilota-astronauty, ale jest wysoce pożądane [ESA16].

Pilot-astronauta podczas misji specjalizuje się w prowadzeniu statków kosmicznych. Historycznie w Amerykańskiej agencji NASA dowódcy misji byli pilotami. W zakres jego obowiązków wchodzi pilotaż, odpowiedzialność za załogę i powodzenie misji, oraz dbanie o bezpieczeństwo na pokładzie. Ponadto w lotach Space Shuttle było dwóch pilotów:

- Commander (dowódca statku),
- Pilot (pierwszy oficer).

Pilot (analogicznie do pierwszego oficera) wspiera dowódcę w kontrolowaniu statku.

W czasach lotów orbitalnych wykorzystując statek Sojuz, którego z przyczyn politycznych pilotować może wyłącznie rosyjski kosmonauta, rola pilota w innych agencjach przekształciła się w tzw. inżyniera pokładowego (ang. *Flight Engineer*) analogicznego do specjalisty misji (ang. *Mission Specialist*) z ery lotów STS. Obecnie rola pilota może rozszerzyć się o zakres obowiązków związanych z przechwytywaniem i rozstawianiem satelitów, korzystaniem z robotycznego ramienia - manipulatora, EVA oraz operacje związane z ładunkiem, dlatego wymagania są podobne jak wśród osób z innych środowisk [NAS04].

Przy specjalizacji jako pilot-astronauta amerykańska agencja NASA wymaga 1000 godzin nalotu jako dowódca statku powietrznego (ang. *PIC - Pilot-in-Command*) na samolotach odrzutowych [NAS04]. W tym przypadku preferowane są osoby z doświadczeniem pilota testowego.

Wymagania dotyczące wzroku dla pilotów są zwiększone:

- 20/100 w widzeniu dalekim preferowane bez korekcji (okulary, soczewki),
- 20/20 w widzeniu z korekcją.

Zwiększone kryteria wzrostu:

- Minimalnie 58,5 cala (148,59 cm)
- Maksymalnie 76 cali (193,04 cm)

4.6 Selekcja psychologiczna

Jednym z kluczowych elementów branych pod uwagę podczas selekcji jest odporność na stres i umiejętność działania pod presją. Astronauta jako operator musi umieć realizować zadane czynności bez względu na okoliczności. Podążanie za procedurami w przypadku różnego rodzaju awarii i zdarzeń wyjątkowych jest absolutnie niezbędne. Procedury te zostały przygotowane przez lata praktyki i wszelkie odstępstwa mogą narazić członków załogi na niebezpieczeństwo lub śmierć. Wymagana jest także zdolność oceny sytuacji i krytycznego myślenia.

Ponadto cechą pracy w warunkach kosmicznych jest przebywanie w małych pomieszczeniach pozbawionych okien (z wyjątkiem miejsc widokowych) w rzadko zmieniającym się towarzystwie. Kandydaci muszą umieć

współistnieć w międzynarodowym środowisku, prowadzić badania i interakcje oraz komunikować się. Od kandydatów wymaga się stabilności psychicznej, braku uprzedzeń i dojrzałości emocjonalnej [FB07]. W celu odsiania osób niepotrafiących działać w wyżej wymienionych warunkach stosuje się próby zamknięcia w Personal Rescue Enclosure oraz izolacji.

Jednym z kluczowych elementów szkolenia astronautów jest pobyt w różnych centrach szkolenia na świecie. Jest to związane z długim przebywaniem poza miejscem zamieszkania i w ciągłej separacji z rodziną. Sam pobyt na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej najczęściej trwa około sześciu miesięcy. Te czasy zdecydowanie się wydłużą ze względu na konieczność przygotowania do długotrwałych misji kosmicznych na Księżyc i Marsa. Przyszłe misje będą trwały coraz dłużej [Kel17], [Mas16].

Ponadto dużą uwagę zwraca się na [ESA16]:

- zdolność rozumowania,
- dobra pamięć,
- koncentracja,
- zręczność manualna,
- umiejętność przystosowania się do zmiennych warunków przestrzennych.

Idealny kandydat posiada [ESA16]:

- wysoką motywację,
- elastyczność,
- towarzyskość,
- empatię,
- niski poziom agresji,
- stabilność emocjonalna,
- umiejętność długotrwałej współpracy w międzykulturowym środowisku,
- multidyscyplinarność.

Proces badań wstępnych jest prowadzony przez zespół wykwalifikowanych specjalistów z zakresu psychologii. Ostatnim etapem w procesie selekcji jest rozmowa z komisją ekspertów. Wśród pytań zadawanych przez członków komisji wymienić można te, które pojawiają się najczęściej podczas rekrutacji [Had13], [Her13], [And15], [Mas16], [Wol79], [Mel17] (pytania są tłumaczone przez autora pracy):

- dlaczego chcesz zostać astronautą?
- opisz swoje mocne strony i jak je wykorzystujesz,
- opisz swoje słabe strony i jak nad nimi pracujesz,
- jakie jest zastosowanie twojego doświadczenia?
- czy masz dobrą świadomość sytuacyjną i osąd?
- jak dobrze się komunikujesz?
- czy jesteś graczem zespołowym?
- czy przejawiasz inicjatywę w grupie?
- czy jesteś osobą, która poświęca się dla pracy?
- jaki jest balans pomiędzy twoją pokorą a ego?
- czy umiesz naprawiać rzeczy (samochód, kran, ubikacja)?
- jakie są twoje umiejętności operacyjne?
- jak szybko adaptujesz się do nowego środowiska i ludzi?
- jak radzisz sobie z ciągłymi zmianami?

- czy nie masz zbyt intensywnej (narzucającej się) osobowości?
- czy nie skupiasz się nadmiernie nad detalami?

Wielu kandydatów powiela utarty schemat. Agencje kosmiczne szukają osób, które są innowacyjne i potrafią wyróżnić się z grupy. Brak umiejętności przyswojenia zagadnień związanych z EVA, robotyką czy posługiwaniem się obcym językiem powoduje natychmiastową dyskwalifikację kandydata.

Idealny kandydat powinien pokazać:

- jak konsekwentnie stara się powiększać swoje umiejętności,
- jak stara się być lepszym,
- jest świadomy jakie cechy są wymagane na astronautę,
- nie boi się próbować nowych rzeczy,
- jak wydajnie pracuje podczas stresu,
- potrafi szybko podejmować decyzje gdy konsekwencje mogą skutkować śmiercią,
- zdrowe ego (brak zarozumiałości).

Wszystkie licencje, szkolenia, edukacja, studia itp. muszą być ukończone przed datą końca aplikacji. Nieukończone rzeczy nie podlegają ocenie podczas selekcji [Mas16]. Rozmowy indywidualne prowadzone są przez obecnych astronautów oraz managerów wysokiego szczebla odpowiednich jednostek organizacyjnych agencji kosmicznych. Wytypowani kandydaci muszą zostać zaakceptowani przez dyrektorów agencji kosmicznych.

Powyższe pytania są tylko reprezentacyjnym przykładem kwestii poruszanych podczas rozmowy kwalifikacyjnej i mają na celu przedstawienie zachowania i myślenia kandydata. Komisja musi być również przekonana czy kandydat będzie dobrym reprezentantem agencji kosmicznej przez wiele następnych lat. Cała rozmowa osoby ubiegającej się o stanowisko astronauty sprowadza się do podstawowego i najważniejszego pytania, na które zwykle odpowiada lider komisji, starszy astronauta:

- Czy chciałbym polecieć w kosmos z tą osobą?

4.7 Dodatkowe, aktywności, uprawnienia i licencje wpływające na selekcję

Agencje kosmiczne podczas selekcji cenią wiele uprawnień, aktywności i licencji. Ponadto powyższe dokumenty liczą się wyłącznie jeżeli są aktywne i w pełni ukończone w dniu selekcji. [CSA18]

Wśród dodatkowych certyfikacji można wyłonić te najbardziej pożądane:

- uprawnienia lotnicze, tj. licencje PPL(A), CPL(A),
- uprawnienia instruktorskie w dziedzinie lotnictwa,
- uprawnienia nurkowe akredytowanych instytucji tj. PADI, CMAS,
- uprawnienia speleologiczne,
- uprawnienia wspinaczkowe i alpinistyczne,
- kursy survivalowe i obozy przetrwania,
- szkolenia survivalu morskiego,
- nagrody i wyróżnienia w wyżej wymienionych dziedzinach.

4.8 Selekcja astronautów w agencjach i organizacjach rządowych

Program poszukiwania kandydatów jest prowadzony przez rządy państw najbardziej zaawansowanych technicznie. Obecnie wiodącą rolę w tej dziedzinie pełnią następujące państwa:

- Rosja,
- Stany Zjednoczone,
- państwa zjednoczone w Europejskiej Agencji Kosmicznej,
- Japonia,
- Chiny,
- Kanada.

Ponadto agencje kosmiczne Zjednoczonych Emiratów Arabskich oraz Indyjska Agencja Badań Kosmosu (ISRO) planują w niedalekiej przyszłości otworzenie selekcji astronautycznej.

4.9 Roscosmos (Federacja Rosyjska)

Do końca roku 2015 agencja kosmiczna Roscosmos podlegała strukturom wojskowym Federacji Rosyjskiej a wcześniej Związkowi Socjalistycznych Republik Radzieckich. Z tego powodu kandydaci na kosmonautów byli wybierani wśród oficerów Sił Powietrznych i pilotów wojskowych. Wraz ze zmianami organizacyjnymi z 31 grudnia 2015 Roscosmos przekształcił się w cywilną agencję zarządzaną na wzór amerykańskiej NASA [Cos15]. Z tego powodu proces rekrutacji kosmonautów uległ zmianie i w najbliższych latach wśród rosyjskich kosmonautów znajdzie się więcej cywili w szczególności naukowców i inżynierów.

4.10 ESA - Europejska Agencja Kosmiczna

Jednym z warunków kandydowania na stanowisko astronauty ESA jest narodowość. Kandydat musi posiadać obywatelstwo państwa członkowskiego (ang. *ESA Member State*) tej agencji. Ostatni proces rekrutacji Europejskiej Agencji Kosmicznej rozpoczął się w maju 2008 a zakończył rok później w 2009 roku. Selekcję prowadziła jednostka EAC (ang. *European Astronaut Centre*) w Kolonii w Niemczech. Wzięło w nim udział 8413 kandydatów. 20 maja 2009 sześciu nowych kandydatów na astronautów zostało przedstawionych na konferencji prasowej w siedzibie ESA w Paryżu. Kandydaci rozpoczęli swoje wstępne przeszkolenie 1 września 2009 roku. W tej selekcji wybrano następujących kandydatów [How12], [Int15]:



Ryc. 4.1: Sześciu nowych rekrutów European Astronaut Corps w European Astronaut Centre w roku 2009. Timothy Peake, Andreas Mogensen, Alexander Gerst, Luca Parmitano, Samantha Cristoforetti, Thomas Pesquet. Źródło: ESA–M. Koell [Eur12]

4.11 NASA - Narodowa Agencja Aeronautyki i Astronautyki (USA)

Amerykańska agencja kosmiczna NASA organizuje rekrutację na kandydata na astronautę (ang. *ASCAN - Astronaut Candidate*) regularnie co dwa lata. Ostatnia tego typu rekrutacja miała miejsce na przełomie 2015/2016 roku i zakończyła się 15 lutego 2016 [NAS15c]. Dzięki zaangażowaniu mediów społecznościowych oraz innych środków masowego przekazu swoje aplikacje złożyło rekordowo dużo osób. Komisja rekrutacyjna musiała rozpatrzyć 18000 podań i wybrać 12 najlepszych kandydatów, którzy rozpoczęli przygotowanie i szkolenie podstawowe [NAS15b].

Klasy astronautów podobnie jak zespoły przydzielone do misji tworzą tzw. insygnia klasy (ang. *class patch*). Każda z grup kandydatów ma swoją unikalną nazwę, która jest nadawana przez poprzedzającą selekcję [And15], [Ina18].



Ryc. 4.2: Selekcja astronautów NASA rozpoczynających szkolenie w 2017 roku (ang. *2017 NASA Astronaut Class*): (od lewej) Zena Cardman, Jasmin Moghbeli, Jonny Kim, Frank Rubio, Matthew Dominick, Warren Hoberg, Robb Kulin, Kayla Barron, Bob Hines, Raja Chari, Loral O'Hara and Jessica Watkins. Źródło: NASA/Robert Markowitz [Whi18]

4.12 CSA - Kanadyjska Agencja Kosmiczna

Jedną z najbardziej otwartych agencji kosmicznych w kwestiach selekcji astronautów jest Kanadyjska Agencja Kosmiczna. Proces selekcji kandydatów jest przejrzysty i dobrze udokumentowany na stronie agencji. Wśród zadań z którymi musieli zmierzyć się kandydaci były [CSA18] [CSA17a]:

- walka z ogniem,
- naprawa przeciekającego kontenera zanurzającego się w lodowatej wodzie,
- ewaluacja wyjścia z tonącej kabiny śmigłowca,
- ewaluacja kondycyjna kandydatów na sali gimnastycznej,
- ewaluacja sprawnościowa na pływalni.

Na szczególną uwagę zasługuje zadanie podczas którego osoby uczestniczące w procesie były podzielone na zespoły. Jedna osoba z zespołu była w ciemnym pomieszczeniu z kompletnym brakiem widoczności i musiała złożyć z klocków Lego model samolotu. Podczas wykonywania ćwiczenia mogła się jedynie komunikować wykorzystując radio (krótkofalówkę) z towarzyszem będącym w oświetlonym pomieszczeniu. Druga osoba miała instrukcję i opis jak złożyć model.

Podczas powyższego zadania komisja brała pod uwagę działanie pod presją czasu, efektywność komunikacji, zwięzłość wypowiedzi i umiejętność przekazania niezbędnych danych oraz wizualizację problemu.

Całość procesu rekrutacji jest dobrze udokumentowana i przedstawiona na oficjalnym kanale *YouTube* Kanadyjskiej Agencji Kosmicznej [CSA17b].



Ryc. 4.3: Aktywni kanadyjscy astronauty (od lewej): Joshua Kutryk, Jennifer Sidey, David Saint-Jacques, Jeremy Hansen. Źródło: CSA

4.13 JAXA - Japońska Agencja Eksploracji Kosmicznej

Przez ponad 20 lat od lotu Mamoru Mohri, pierwszego Japończyka, który poleciał w kosmos na pokładzie amerykańskiego promu Space Shuttle w 1992 japońska agencja JAXA nie prowadziła naboru na kolejnych astronautów. Od czasu wybudowania centrum astronautycznego *Tsukuba Space Center* nastąpiła zmiana w polityce Agencji, która postanowiła przeprowadzić kolejne rekrutacje i poszerzyć zespół astronautów.

Podczas jednej z selekcji kandydatów obserwowano bardzo wnikliwie, śledząc ich zachowania również poza oficjalnym czasem. Brano pod uwagę w jaki sposób zachowują się w restauracji, czy zostawiają jedzenie na talerzu, czy sprzątają po sobie i jak zachowują się pod presją. Jednym z zadań podczas rekrutacji było złożenie tysiąca łabędzi origami w określonym czasie. Komisja rekrutacyjna obserwowała staranność zgięć, przyłożenie się kandydata do powtarzającego zadania, jakość wykonania oraz działanie pod presją upływającego czasu.

Na chwilę obecną nie są znane dalsze plany na temat rekrutacji kolejnych astronautów JAXA.



Ryc. 4.4: Chiaki Mukai, Koichi Wakata, Takao Doi, Soichi Noguchi, Akihiko Hoshide, Naoko Yamazaki, and Satoshi Furukawa Źródło: JAXA

4.14 CNSA - Agencja Kosmiczna Chińskiej Republiki Ludowej

Proces selekcji Chińskich astronautów jest utajniony przez rząd Chińskiej Republiki Ludowej. Wiadomo, że kandydaci są oficerami sił powietrznych i mają doświadczenie jako piloci wojskowi. Ponadto mają być w wieku od 25 do 30 lat, z minimalnym nalotem 800 godzin. Muszą także posiadać wykształcenie naukowe. Wzrost kandydatów musi zawierać się w przedziale 160 cm do 172 cm, a waga 50 kg do 70 kg.

Z informacji podanych do publicznej wiadomości wynika, że w niedalekiej przyszłości CNSA planuje rekrutację kolejnych 12 astronautów w tym dwóch kobiet. Głównym celem jest stworzenie załogi, która będzie odbywała misje do Chińskiej Stacji Orbitalnej *Tiangong*. Pierwszy moduł stacji *Tianhe-1* ma zostać wysłany w 2019 roku, a budowa ma zostać ukończona w 2022 rok.

Szkolenie podstawowe

I'm not a techie, I am an operator

—Astronaut Victor Glover [Glo16]

Po selekcji osoba wybrana przez komisję ma za zadanie stawić się na tzw. szkolenie podstawowe. Podczas szkolenia kandydat na astronautę (ang. *ASCAN - Astronaut Candidate*) będzie przygotowany przez ekspertów oraz starszych stażem astronautów do pełnienia służby i docelowego lotu w kosmos. Szkolenie kandydackie trwa w zależności od agencji półtora do dwóch i pół roku. Po jego ukończeniu osoba ubiegająca się będzie mogła oczekiwać na przydział do misji [Gre09], a następnie szkolenie specyficzne trwające zwykle około 2 lat. Wyjątkiem jest CNSA, gdzie szkolenie podstawowe 3 lata, a szkolenie do przydzielonej misji 10 miesięcy.

Podczas szkolenia podstawowego kanadyjscy astronauta mają zajęcia z [CSA17d], [CSA17e], [CSA17c]:

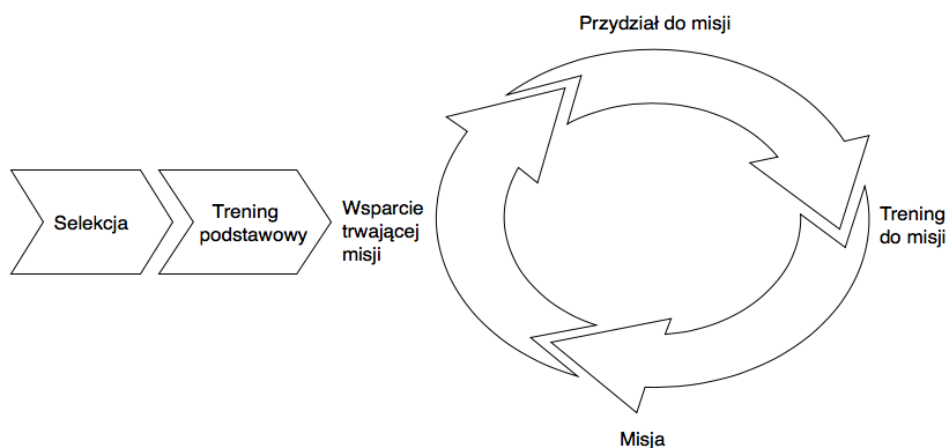
- orientacja w strukturze organizacyjnej CSA i w działalności agencji,
- historia lotów kosmicznych,
- podstawy lotów kosmicznych,
- procedury operacyjne i kontrola lotów,
- systemy ISS,
- nauki przyrodnicze i o życiu,
- inżynieria materiałowa i dynamika płynów,
- obserwacja ziemi i wykorzystanie danych satelitarnych,
- kosmologia,
- robotyka,
- człowiek, jego zachowanie i możliwości,
- szkolenie lotnicze,
- skoki spadochronowe,
- ćwiczenia kondycyjne,
- pierwsza pomoc i pomoc krążeniowo-oddechowa,
- szkolenie językowe (głównie język rosyjski),
- korzystanie ze sprzętu fotograficznego,

- kontakt z mediami,
- szkolenie survivalowe i przetrwania.

Chociaż kanadyjscy astronauta odbywają większość szkolenia w JSC w Houston to powyższy program CSA jest reprezentacyjnym cyklem szkolenia astronautów we wszystkich agencjach. Szkolenie podstawowe astronautów we wszystkich analizowanych agencjach, dzieli się na 5 głównych części:

- przygotowanie teoretyczne i wiedza ogólna, w tym nauka języków obcych,
- szkolenie z systemów robotycznych i manipulatorów, tj. Canadarm 2,
- szkolenie z systemów Międzynarodowej Stacji Kosmicznej,
- nauka spacerów kosmicznych (ang. *EVA - ExtraVehicular Activity*),
- nauka pilotażu samolotów odrzutowych oraz statków kosmicznych.

Ryc. 5.1 prezentuje cykl kariery astronauty od jego selekcji, treningu podstawowego, wsparcia obecnie trwających misji po szkolenie do przydzielonej misji (ang. *mission specific training*).



Ryc. 5.1: Schemat prezentuje cykl kariery astronauty od jego selekcji, treningu podstawowego, wsparcia obecnie trwających misji po szkolenie do przydzielonej misji (ang. *mission specific training*).

W kolejnych rozdziałach szczegółowo omówione zostaną wszystkie z powyższych tematów.

5.1 Przygotowanie

5.1.1 Przygotowanie teoretyczne i wiedza ogólna

Głównym celem szkolenia jest wyrównanie poziomu wiedzy i umiejętności kandydatów pochodzących z różnych specjalizacji i dziedzin i wprowadzenie spójnego zasobu wiedzy, który stanowi podstawę do dalszego szkolenia. Ukończenie kursu podstawowego pozwala na zmianę tytułu z "kandydat na astronautę" na "astronauta" [NAS15a]. Jest to proces wymagający wielu poświęceń z życia prywatnego, który determinuje zasadność dalszych inwestycji przez agencję kosmiczną. W trakcie zbierania materiałów autor dotarł do źródła pragnącego zachować anonimowość, które przekazało informację, że tylko 60% astronautów nadaje się do przydziałów do dalszych misji. Zgodnie z wywiadem pozostali "osiadają na laurach i przestają się uczyć", a ciągłe kształcenie jest podstawą specyfiki tego zawodu. Proces szkolenia podstawowego stanowi jeden z etapów weryfikacji umiejętności i zaangażowania.

5.1.2 Nauka języków obcych i przygotowanie kulturowe

Przed wysłaniem na szkolenie do Centrum Przygotowania Kosmonautów każdy astronauta musi przejść kurs składający się z 1000 godzin praktyki tego języka [ESA16], [Pea17]. Wg. nierosyjskojęzycznych astronautów jest to najtrudniejszy etap szkolenia.

Praca w międzynarodowym środowisku wymaga znajomości zachowań i różnic kulturowych, dlatego wśród zajęć w ramach szkolenia podstawowego prowadzi się przedmiot związany z przygotowaniem kulturowym.

5.1.3 Przygotowanie teoretyczne z nauk przyrodniczych i technicznych

Podstawą badań prowadzonych w kosmosie są nauki przyrodnicze i techniczne. Ze względu na konieczność wyrównania wiedzy osób z różnych środowisk w ramach szkolenia teoretycznego i wiedzy ogólnej astronauta uczestniczą w zajęciach z przedmiotów tj.:

- biologia (zoologia i botanika),
- geologia,
- geofizyka,
- obserwacje meteorologiczne,
- obserwacje geograficzne i oceanograficzne,
- inżynieria materiałowa,
- dynamika płynów,
- mechanika,
- fizyka,
- chemia,
- robotyka.

5.1.4 Kurs astrodynamiki, nawigacji i mechaniki orbitalnej

W ramach kursu wyrównującego wiedzę kandydaci na astronautów muszą przyswoić wiedzę z szerokiego zakresu nawigacji, astrodynamiki i mechaniki orbitalnej. Wśród tematów poruszanych na szkoleniach można wymienić:

- podstawy balistyki,
- nawigacja i pozycjonowanie,
- trajektoria lotu orbitalnego,
- manewry orbitalne i asysty grawitacyjne,
- transfery orbitalne:
 - transfer Hohmanna,
 - transfer dwu-eliptyczny (ang. *Bi-elliptic transfer*),
- zmiany inklinacji,
- operacje zbliżania i dokowania (ang. *rendezvous and docking*),
- manewry "Fly-around"
- przebazowanie (ang. *redocking*),
- odejście,
- obniżanie orbity i wejście w atmosferę.

5.1.5 Szkolenia geologiczne

Jednym z najbardziej charakterystycznych elementów szkolenia, szczególnie w kontekście eksploracji innych ciał niebieskich jest szkolenie geologiczne. Tab. 5.1 przedstawia zestawienie wybranych lokalizacji używanych w szkoleniu geologicznym astronautów w programie Apollo.

Na przykładzie Apollo 15 możemy przedstawić strukturę szkolenia geologicznego astronautów w programie Apollo [Ble14]:

- 375 godzin ogólnego szkolenia geologicznego,
- 80 godzin ogólnych geologicznych wykładów naukowych,
- 20 godzin odpraw z wiodącymi badaczami (ang. *PI - Principal investigator*),
- 80 godzin wykładów z geologii orbitalnej,
- 12 godzin szkolenia pobierania próbek księżycowych,
- 470 godzin praktycznych wypraw terenowych.

Każdy z astronautów programu Apollo otrzymał około 1030-1040 godzin szkolenia geologicznego. Ponadto astronautów trenowano również w rozstawianiu sprzętu, tj. kamery i flagi, oraz urządzeń badawczych.

W szkoleniach geologicznych do misji Apollo 15-17, które odbywały się pomiędzy majem 1970 a listopadem 1972 wzięło udział 59 doświadczonych badaczy w charakterze trenerów. Na każdego astronautę, który miał stanąć na księżycu przypadało 10 szkoleniowców. W programie zorganizowano 375 indywidualnych wypraw badawczych do 27 unikalnych miejsc.

W ramach szkolenia geologicznego tj. DRATS 2010 (NASA) czy PANGAEA (ESA) astronauta uczą się:

- identyfikacja i dokumentacja próbek,
- rozstawianie sprzętu i urządzeń badawczych,
- mapowanie terenu,
- interpretacja obszaru geologicznego z Ziemi oraz z orbity,
- eksploracja tuneli lawy (ang. *Lava tubes*),
- zbieranie danych geologicznych i geofizycznych,
- identyfikacja i pobieranie próbek geobiologicznych,
- dyskusja o hipotezach powstawania warstw,
- uzyskują umiejętność komunikacji z profesjonalnymi geologami,
- opis skał, minerałów i warstw skalnych,
- umiejętność pobierania próbek w ograniczającym ruch skafandrze,
- poruszanie się pojazdami tj. Lunar Roving Vehicle (LRV) czy Mars Exploration Vehicle (MEV),
- identyfikacja odkrywek i odsłoneń pokładów.

Poza charakterem edukacyjnym szkolenia geologiczne pełnią jeszcze rolę integracyjną dla budowania zespołu.

5.1.6 Szkolenia speleologiczne

Odmiernym aczkolwiek skorelowanym szkoleniem są wyjazdy speleologiczne. Podczas eksploracji jaskiń w ramach programu CAVES (ESA) astronauta różnych narodowości brali udział w mapowaniu podziemnych korytarzy, identyfikacji i dokumentowaniu próbek skalnych i mikrobiologicznych, identyfikowaniu nowych gatunków organizmów oraz zaawansowanej wspinaczce jaskiniowej. Temat szerzej omówiony w rozdziale *Wyprawy w ramach programu CAVES*.

5.1.7 Kurs inżynierii kosmicznej i systemowej

Każdy astronauta z założenia powinien opanować działanie systemów statków kosmicznych i stacji orbitalnej. W tym celu podczas kursu kandydackiego wykładane są przedmioty z zakresu inżynierii kosmicznej (ang. *aerospace engineering*) i inżynierii systemowej (ang. *systems engineering*). Wśród przedmiotów wykładanych w formie zajęć teoretycznych można wymienić:

- aerodynamika lotów dużych prędkości (lot i przejście między prędkościami):
 - poddźwiękowe (ang. *subsonic*) <0,8 Ma,
 - okołodźwiękowe (ang. *transonic*) 0,8-1,3 Ma,
 - naddźwiękowe (ang. *supersonic*) 1,3–5,0 Ma,
 - hiperdźwiękowe (ang. *hypersonic*) 5,0–10,0 Ma,
 - wysoko hiperdźwiękowe (ang. *high-hypersonic*) 10,0–25,0 Ma,
 - wejścia w atmosferę (ang. *re-entry*) >25,0 Ma,
- materiały i kompozyty używane w technice kosmicznej,
- konstrukcja rakiet i silników raketowych,
- dynamika lotu rakiety,
- paliwa raketowe i systemu RCS,
- dynamika lotu statków kosmicznych,
- orbitalne systemy manewrowe,
- planowanie misji i ładunku (ang. *Mission design and payloads*)
- systemy kontroli i zmiany ustawienia (ang. *ADCS - Attitude Dynamic and Control Subsystems*)
- systemy zmiany orbity (ang. *OCS - Orbit Control System*)
- systemy zasilania oraz pozyskiwania energii (ang. *power*),
- systemy przechowywania energii (ang. *Power Storage*)
- systemy odprowadzania ciepła (ang. *thermal*),
- telemetria, śledzenie i sterowanie (ang. *TT&C - Telemetry-Tracking and Control*),
- sterowanie i kontrola (ang. *Command and Control*),
- układy liczące i architektura logiczna (ang. *On-board processors*),
- oprogramowanie sterujące (ang. *OBSW - On-board software*),
- systemy awaryjne, detekcji awarii, izolacji i przywracania (ang. *Safe Mode, Fault Detection, Isolation and Recovery*),
- architektura segmentu naziemnego (ang. *ground segment*),
- architektura systemów ratunkowych,
- systemy podtrzymywania życia (ang. *ECLSS - Environmental Control and Life Support System*).

5.1.8 Przygotowanie medyczne i dentystyczne

Podczas pobytu na międzynarodowej stacji kosmicznej oraz w trakcie długotrwałego lotu astronauta są zdani wyłącznie na pomoc medyczną udzieloną w ramach zespołu [CSA17e]. Operacje medyczne dotyczą nie tylko sytuacji awaryjnych tj. nagłe zatrzymanie krążenia, porażenie prądem, czy ostre stany zapalne, lecz również rutynowych zadań wykonywanych podczas badań naukowych. Do typowych czynności należą:

- pobieranie krwi (ang. *drawing blood*),
- pobieranie próbek śliny i płynów ustrojowych,
- badanie ultrasonograficzne (oczu, żył, mięśni, serca, tętnic),
- obrazowanie oczu (optyczna tomografia koherencji siatkówki) (urządzeniem ophthalmoscope),
- mierzenie ciśnienia płynu wewnątrz gałki ocznej (tonometria),
- nawilżenia skóry (kliometria),
- biopsja mięśni (przed, w trakcie i po misji),
- resuscytacja krążeniowo oddechowa (ang. *cardio-pulmonary resuscitation*),
- szycie (ang. *suture*).

Podczas lotu Jurija Romanenko w 1973 roku w ramach misji Salut 6 kosmonauta doznał bólu zęba. Ból był tak silny, że rzutował na jego sprawność podczas badań na orbicie. Kosmonauta był zmuszony czekać dwa tygodnie do czasu powrotu na Ziemię aby uzyskać pomoc dentystyczną. Od tamtego czasu wszyscy astronauta przechodzą podstawowy kurs stomatologiczny.



Ryc. 5.2: Astronauta CSA David Saint-Jacques podczas kursu dentystycznego. Źródło: Canadian Space Agency

5.1.9 Działalność edukacyjna na rzecz popularyzacja nauki i obszaru S.T.E.M.

Agencje kosmiczne działają w oparciu o środki publiczne uzyskane w ramach uchwalonego budżetu państwa lub państw członkowskich (w przypadku ESA). Aby zwiększyć świadomość publiczną a co za tym idzie poparcie i dofinansowanie programów konieczna jest działalność w kontekście popularyzacji nauki, technologii, inżynierii (sztuki) i matematyki (ang. *S.T.E.M. lub S.T.E.A.M. - Science Technology Engineering (Arts) Mathematics*).

W ramach szkolenia kandydackiego astronautów poruszane są tematy:

- wykorzystanie mediów społecznościowych do popularyzacji nauki i misji,
- nauka wystąpień publicznych i komunikacji nauki (ang. *Space Advocacy*),
- wykorzystanie amatorskiego radia krótkofalowego.

Astronauci są osobami publicznymi często występującymi przed zgromadzeniami. Od ich prezencji i sposoby wypowiedzenia się zależy wizerunek agencji i całego programu kosmicznego. Z tego powodu agencje kosmiczne już podczas selekcji cenią umiejętność przemówień publicznych. Ponadto konieczna jest umiejętność prezentacji skomplikowanych problemów w prosty i przystępny sposób nawet dla najmłodszego odbiorcy.

5.1.10 Czynności rutynowe

W ramach przedmiotu Routine Ops astronauta przyswajają umiejętności związane z:

- fotografią,
- stryżeniem włosów,
- sprzątaniem,
- korzystaniem z toalety,
- korzystaniem ze sprzętu elektronicznego,
- naprawami sprzętu i toalety.

Ze względu na fakt iż długie włosy mogą się zaczepić w powszechnie wykorzystywane w kosmosie rzepy lub śrubki astronauta są zmuszeni do ich okresowego ścinania. W trakcie przedmiotu uczeni są technik fryzjerskich na sobie oraz na innych członkach załogi.

W ramach zajęć z fotografii astronauta uczą się fotografować:

- delty rzeczne,
- ustępowanie lodowców,
- regiony przybrzeżne i nadmorskie,
- kratery uderzeniowe po asteroidach,
- wulkanicznej aktywności,
- łańcuchów górskich, tj. Himalaje,
- obiektów znaczenia historycznego, tj. piramidy w Gizie.

5.2 Trening

5.2.1 Treningi i symulacje

Treningi i symulacje stanowią główny przedmiot szkolenia astronautów. Już w ramach programu Mercury wykorzystano pierwsze urządzenia elektroniczne pozwalające na przygotowanie astronautów do lotów kosmicznych. Urządzenia pozwoliły na symulację 276 problemów i sytuacji awaryjnych, które mogłyby wydarzyć się podczas lotu. Dla programu Gemini udostępniono kolejny symulator, który pozwolił na testowanie kilku tysięcy problemów związanych z lotem kosmicznym, wejściem w atmosferę itd. Wszystkie urządzenia zlokalizowane były w ośrodku w Langley, Virginia do czasu wybudowania w 1964 roku Manned Space Center w Houston, TX (obecnie Johnson Space Center) [Mon11]. Należy zwrócić uwagę na pierwsze zastosowanie basenu neutralnej pływalności w przygotowywaniu wyjść EVA. W ramach programu Mercury i Gemini astronauta spędzali około 1/3 czasu w symulatorach.

Następnie w programie Apollo rozwinięto oprzyrządowanie i zastosowano 11 symulatorów testujących m.in. następujące sytuacje [Mon11]:

- wieloosiowy symulator dezorientacji (ang. *Multi-Axial*),
- symulator-fotel 1/6g kompensujący 5/6g do symulowania grawitacji księżycowej,
- symulator-fotel 5DL używany do szkolenia poruszania się w przestrzeni kosmicznej wyłącznie za pomocą rąk (bez użycia nóg),
- symulator-ściana 0g obniżająca odczuwalne przeciążenie,
- symulator SSMT (walec o 1,83m średnicy, pozwalający na rotację astronauty we wszystkich osiach),
- symulator Command Module pozwalający na trening startu, sytuacji awaryjnych, dokowania z LM w trakcie podróży na Księżyc, dokowania z LM na orbicie oraz procedur powrotu i wejścia w atmosferę,
- symulator LM do szkolenia lądowań na Księżycu,
- LLRV - Lunar Landing Research Vehicle.

W programie Apollo czas spędzony w symulatorach zajmował około 50% szkolenia. Z 959 godzin przygotowania przed lotem Neil Armstrong poświęcił 285 godzin wyłącznie na trening lądowania, a Buzz Aldrin poświęcił temu elementowi 1/3 z 1000 godzin szkolenia. Wyżej wymienione czasy nie uwzględniają LLRV oraz sumarycznego czasu dwóch tygodni spędzonego na spotkaniach omawiających ten najtrudniejszy element misji [Mon11].

Wczesne symulatory były ogromnymi urządzeniami elektronicznymi, które pozwalały na wyświetlanie na ekranach wizji z kamer mechanicznych ustawionych na szynach i wysięgnikach nad ręcznie malowanymi makietami powierzchni Księżyca. Makiety były odtworzone na podstawie zdjęć z poprzednich załogowych i bezzałogowych misji na tego naturalnego satelitę.

Wyżej wymieniony LLRV był konstrukcją metalową wyposażoną w silnik odrzutowy, którego dysza była skierowana w dół. Umieszczone po bokach silniczki manewrowe pozwalały na zmianę kierunku lotu za pomocą impulsowych strzałów gazów. Pilot był umieszczony w kabinie. Urządzenie okazało się być bardzo niebezpieczne w użytkowaniu i narażało astronautów na niepotrzebne ryzyko. Z tego powodu po awarii silnika i awaryjnym katapultowaniu się przez Neila Armstronga symulacje LLRV zawieszono [Pet17].

W kolejnych programach wzbogacono trening m.in. o:

- symulator systemu manewrowego MMU (Manned Maneuvered Unit),
- symulator SMS (Shuttle Motion Simulator) dla promu Space Shuttle,
- symulator awaryjnego opuszczania Space Shuttle.

5.2.2 Ćwiczenia kondycyjne i badania wydolności organizmu

Przeciążenia podczas startu i wchodzenia w atmosferę oraz wysiłek fizyczny w trakcie EVA są głównymi czynnikami wpływającymi na konieczność utrzymania wysokiej sprawności fizycznej. Ponadto astronauta w trakcie lotu, a w szczególności lotów długotrwałych ze względu na dystrofię mięśni i demineralizację układu kostnego muszą ćwiczyć minimum dwie godziny dziennie. Aby zapobiec negatywnemu wpływowi braku grawitacji na organizm astronauta już w trakcie szkolenia są poddawani treningom kondycyjnym oraz badaniu wydolności organizmu. Do powyższych ćwiczeń są wykorzystywane urządzenia gimnastyczne ogólnego przeznaczenia. tj:

- ergometr,
- sztangi,
- koła reńskie,
- żyroskopy treningowe,
- huśtawki 360,
- ergometr,
- bieżnie pionowe,
- Adaptability Training System,
- system bieżni nadciśnieniowych (ALTER).

Ze względu na brak przyspieszenia grawitacyjnego wszelkie urządzenia, które bazują na podnoszeniu ciężarów lub oporowi wywołanemu przeciwdziałaniu grawitacji są niefunkcjonalne. We względu na specyfikę stanu nieważkości inżynierowie skonstruowali urządzenia, które dzięki komorom próżniowym symulują zachowanie podobnego przyrządu na Ziemi. Ponadto stosowane są również specjalistyczne urządzenia opracowane do treningu w środowisku zmniejszonej grawitacji, tj.:

- bieżnia T2,
- Advanced Resistance Exercise Device (ARED),
- Cycle Ergometer with Vibration Isolation and Stabilization (CEVIS).

Podczas przeszkolenia do misji astronauta odbywają trening obsługi oraz poprawności wykonywania ćwiczeń.

Na specjalną uwagę zasługuje fakt, iż aby zmierzyć zmianę masy ciała u astronautów w stanie nieważkości konieczne było opracowanie rozwiązania technicznego Body Mass Measuring Device (BMMD). Przyrząd podczas pomiaru, który wśród astronautów zwany jest ujeżdżaniem osła (ang. *ride the donkey*), potrząsa przyczepionym do niego astronautom i mierzy siłę bezwładności. Pomiar dokonywany jest trzykrotnie i wyciągana jest z niego średnia. Urządzenie pozwala na określenie masy astronauty z błędem rzędu 1kg. Czynność wykonywana jest raz w miesiącu [Pea17].



Ryc. 5.3: Astronautka NASA Christina M. Hammock podczas ćwiczeń kondycyjnych i badań wydolności organizmu. Źródło: NASA/JSC

5.2.3 Przygotowanie psychologiczne do pracy w odosobnieniu

Dotychczas tematy związane z przygotowaniem psychologicznym do pracy w odosobnieniu nie miały najwyższego priorytetu. Długość misji kosmicznych nie przekraczała progu, w którym starannie wyselekcjonowani a później przygotowani astronauta ulegają załamaniu. Wraz z wydłużaniem czasu pozostawania na orbicie bez kontaktu fizycznego z bliskimi i rodziną agencje kosmiczne zaczęły dostrzegać konieczność badań w zakresie dynamiki grupy oraz psychologii osób przebywających w izolacji. Ponadto środowisko, w którym przebywają astronauta wymaga stałego wysokiego poziomu koncentracji i skupienia, a każda pomyłka może stanowić o śmierci osoby lub wszystkich członków załogi i końca programu. Presja której poddawani są kandydaci jest ogromna i wymaga dużej stabilności i dojrzałości emocjonalnej, psychicznej i umiejętności trzeźwego myślenia w sytuacjach stresowych.

Badania dotyczące zachowania człowieka w izolacji były prowadzone od początków ery kosmicznej. Jednakże obecnie ich charakter uległ zmianie. Ze względu na fakt, iż temat długotrwałych misji na inne ciała niebieskie jest dopiero rozpoznawany, a badania w tym zakresie dopiero zaczynają być prowadzone wprowadzono do szkolenia wiele symulacji tj. misje analogowe (ang. analog missions). Aby przygotować astronautów do pełnienia obowiązków w trakcie takich lotów kosmicznych w stałej wysokiej aktywności i sprawności intelektualnej wykonuje się wcześniejsze testy w środowisku analogicznym do operacyjnego, w którym będą w przyszłości pracować. Misje analogowe dotyczą głównie pobytu w habitatach lub symulacji geologicznych w terenie przypominającym powierzchnię Marsa lub Księżyc. Tab. 5.1 przedstawia listę miejsc wybranych dla programu Apollo w celu przeprowadzenia szkolenia geologicznego. Chociaż urzędnicy symulujące awarie i sytuacje niebezpieczne są używane od początku programów to pokrywają jedynie niewielką część przygotowania psychicznego astronautów do długotrwałych misji.

Tab. 5.1: Zestawienie wybranych lokalizacji używanych w szkoleniu geologicznym astronautów w programie Apollo

Załoga	Data	Region geologiczny	Lokacja
Apollo 11		Sierra Blanca	
Apollo 11		Building 9, Manned Space Center	
Apollo 14	Ries Impact Crater	Nördlingen, Bavaria, Niemcy	
Apollo 15		Devil's Lake	
Apollo 15		Cinder Lake crater field	Arizona
		Red Dirt Falls	Waimea, HI, USA
Apollo 15	1970-05	Orocopia Mountains	CA, USA
Apollo 15	1970-06	Mojave Desert	CA, USA
Apollo 15	1970-06	Flagstaff	AZ, USA
Apollo 15	1970-07	Flagstaff	AZ, USA
Apollo 15	1970-07	Medicine Hat	Alberta, Canada
Apollo 15	1970-07	Medicine Hat	Alberta, Canada
Apollo 15	1970-08	San Juan Mountains	CO, USA
Apollo 15	1970-09	Buell Park	AZ, USA
Apollo 15	1970-10	North Minnesota	NM, USA
Apollo 15	1970-11	Flagstaff	AZ, USA
Apollo 15	1970-11	San Gabriel Mountains	CA, USA
Apollo 15	1970-12	Hawaii	HI, USA
Apollo 15	1971-01	Kilbourne Hole	NM, USA
Apollo 15	1971-02	Ubehebe Craters	CA, USA
Apollo 15	1970-03	Taos	NM, USA
Apollo 15	1970-04	Coso Hills	CA, USA
Apollo 15	1970-05	Nevada Test Site	NV, USA
Apollo 15	1970-06	Flagstaff	AZ, USA
Apollo 16	1970-07	San Juan Mountains	CO, USA
Apollo 16	1970-07	Medicine Hat	Alberta, Canada
Apollo 16	1970-09	Colorado Plateau	AZ, USA
Apollo 16	1970-10	North Minnesota	NM, USA
Apollo 16	1970-11	Nevada Test Site	NV, USA
Apollo 16	1970-11	San Gabriel Mountains	CA, USA
Apollo 16	1971-01	Kilbourne Hole	NM, USA
Apollo 16	1971-01	Kilbourne Hole	NM, USA
Apollo 16	1971-02	Meteor Crater	AZ, USA
Apollo 16	1971-03	Flagstaff	AZ, USA
Apollo 16	1971-04	Camp Verde	AZ, USA
Apollo 16	1971-05	Capulin Mountains	NM, USA
Apollo 16	1971-06	Mono Lake	CA, USA
Apollo 16	1971-07	Sudbury Basin	Ontario, Canada
Apollo 16	1971-09	Rio Grande Gorge, Taos	NM, USA
Apollo 16	1971-10	Nevada Test Site	NV, USA
Apollo 16	1971-11	Coso Hills	CA, USA
Apollo 16	1971-12	Hawaii	HI, USA
Apollo 16	1972-02	Boulder City	NV, USA
Apollo 17	1971-10	Big Bend Region	TX, USA
Apollo 17	1971-11	Flagstaff	AZ, USA
Apollo 17	1971-11	Coso Hills	CA, USA
Apollo 17	1971-12	Kilbourne Hole	NM, USA
Apollo 17	1972-01	Boulder City	NV, USA
Apollo 17	1972-02	Chocolate Mountains	CA, USA
Apollo 17	1972-02	Flagstaff	AZ, USA
Apollo 17	1972-03	Sierra Madera	TX, USA

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 5.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Załoga	Data	Region geologiczny	Lokacja
Apollo 17	1972-04	San Gabriel Mountains	CA, USA
Apollo 17	1972-05	Sudbury Basin	Ontario, Canada
Apollo 17	1972-06	Hawaii	HI, USA
Apollo 17	1972-07	Stillwater Complex	MT, USA
Apollo 17	1972-08	Nevada Test Site	NV, USA
Apollo 17	1972-09	Tonopah	NV, USA
Apollo 17	1972-10	Blackhawk Slide	CA, USA
Apollo 17	1972-11	Flagstaff	AZ, USA

Badania, które są obecnie prowadzone w różnych habitatach i ośrodkach medycznych na świecie pozwalają zbadać wpływ długotrwałej izolacji na psychikę człowieka. Podczas obserwacji grupy dokonywane są analizy zmian psychologicznych oraz dynamiki grupy. W tym celu stosuje się urządzenia zapisujące metadane głosu tj. poziom głośności, szybkość mówienia, intonację, częstość wypowiedzi oraz dynamikę rozmowy. Ponadto ocenie podlegają również zmiany tych parametrów w trakcie rozmowy jak i w stosunku do innych konwersacji. Do badań wykorzystywane są również informacje tj. miejsce przeprowadzania rozmów, warunki atmosferyczne (ciśnienie, temperatura), czas dnia oraz skład osobowy dyskursu. Wszystkie te elementy wpływają na charakter prowadzenia konwersacji oraz na stosunki i ich zmianę podczas trwania izolacji.

W trakcie badań przeprowadzanych w habitatach naukowcy mają dostęp do informacji na temat symulowanej długości doby, która dla misji marsjańskich i księżycowych ma inną wartość. Ponadto obciążenie zadaniami, terminowość ich wykonywania, tzw. gonienie czerwonej kreski (markera czasu na planie) jak również ilość wolnego czasu na odpoczynek i jego jakość ma ogromny wpływ na interakcje między członkami zespołów.

5.3 Survival

5.3.1 Przygotowanie do pracy w ekstremalnych warunkach

Kandydaci, którzy są wybierani w procesie selekcji są bardzo aktywnymi osobami. Często zajmują się ekstremalnymi sportami oraz uprawiają zaawansowaną turystykę kwalifikowaną. Ponadto podczas szkolenia podstawowego astronauta są poddawani treningom survivalowym i obozom przetrwania, które również na celu mają integrację zespołu. Wśród zajęć terenowych można wyróżnić:

- szkolenie z geologii planetarnej i geofizyki,
- wycieczki piesze (ang. *hiking*) i wysokogórskie,
- ekspedycje naukowe, tj. wyprawy na Arktykę czy Antarktydę,
- obozy przywództwa i pracy zespołowej,
- szkolenia przetrwania na pustyni,
- szkolenia przetrwania w środowisku zimowym,
- szkolenia przetrwania w środowisku morskim,
- szkolenia przetrwania w środowisku dżungli.

5.3.2 Przetrvanie w warunkach zimowych

W trakcie programu kandydackiego NASA astronauta są wysyłani na dwutygodniową ekspedycję podczas, której w trudnych warunkach pogodowych wraz z realnym zagrożeniem mają przetrwać przez określony czas i dotrzeć do punktów kontrolnych. Najczęściej szkolenie zimowe odbywa się w regionach Alaski lub północnej Kanady. Do zadań astronautów należy nawigacja w zaśnieżonych górach z uwagą na lawiny, konstrukcja schronienia, organizacja żywienia oraz wody. W zależności od szkolenia astronauta mogą być wyposażeni w narty biegowe oraz 75 kg ekwipunku, które ciągną pokonując niedostępne arktyczne tereny. Ponadto w trakcie ekspedycji członkowie zmieniają tury przywództwa dzięki czemu uczą się również komunikacji i różnych ról w zespole. Do zadań symulowanych podczas szkolenia należy również poszukiwanie ofiar lawin wykorzystując specjalny system nadajników (ang. *avalanche homing beacon and monitor*). Pierwsze dni szkolenia prowadzone są pod nadzorem instruktorów, którymi zwykle są żołnierze sił specjalnych lub przeszkoleni profesjonalści. Po określonym czasie instruktor odłącza się od grupy a astronauta muszą przetrwać i wykorzystać nabytą wiedzę.

Każdy kosmonauta i astronauta, który za pośrednictwem statku Soyuz jest wynoszony na Międzynarodową Stację Kosmiczną musi przejść szkolenie przetrwania w warunkach letnich (wodnych) oraz zimowych. Szkolenie zimowe jest przeprowadzane w lesie 15 km od Ośrodka Szkolenia Kosmonautów rosyjskiej agencji kosmicznej. Szkolenie odbywa się przy temperaturze około -20 stopni Celsjusza i trwa dwa dni i dwie noce. Podczas nocy temperatura spada do -26 stopni, a kandydaci są zachęceni do budowania szałasów i rozpalania ognisk dla utrzymania ciepła. Przed szkoleniem kursanci otrzymują jednodniowe szkolenie teoretyczne i instrukcje niezbędne do przetrwania w ekstremalnych warunkach. Każdy przyszły uczestnik lotu kosmicznego bez względu na doświadczenie i liczbę odbytych dotychczasowych szkoleń survivalowych musi przejść to szkolenie. Podczas symulacji astronauta i kosmonauta uczą się jak przywdziewać w niewielkiej kabinie statku Soyuz odpowiedni zimowy strój, jak używać strzelby do odstraszenia zwierząt, jak budować odpowiedni wigwam pozwalający na cyrkulację powietrza i odprowadzenie monotlenku węgla (CO). Rozpalają dwa ogniska, jedno sygnalizacyjne płonące szybko, dające dużo dymu i wysoko sięgającymi płomieniami oraz drugie w schronieniu do zapewnienia ciepła dla załogi - niewysokie, płonące wolno i niedymiące. Drugie musi być stale podtrzymywane, również w nocy. Uczestnicy szkolenia żywią się wojskowymi racjami żywnościowymi MRE (ang. *Meal Ready to Eat*), które dzięki reakcji egzotermicznej zawartych w opakowaniu substancji chemicznych podgrzewają się.

Ponadto podczas szkolenia astronauta odgrywają scenariusz pomocy osobie poszkodowanej. W tym celu jeden z astronautów pozoruje złamanie nogi a pozostali muszą udzielić pierwszej pomocy oraz przetransportować poszkodowanego do obozu a później do miejsca ewakuacji, gdzie za pomocą rac sygnalizacyjnych ściągają uwagę ekipy ratunkowej.



Ryc. 5.4: Astronauta przywdziewają strój pozwalający na przetrwanie w niskich temperaturach podczas szkolenia survivalowego w zimowych warunkach w Centrum Przygotowania Kosmonautów w Gwiezdnym Miasteczku. Źródło: Roscosmos/CPK

5.3.3 Przetwanie w warunkach pustynnych

Podczas nieprzewidzianych problemów na orbicie lub sytuacji awaryjnych lądownik po wejściu w atmosferę może wlecieć na teren pustynny i tam do czasu przybycia ekipy ratunkowej załoga statku kosmicznego musi również umieć przetrwać. Podczas szkoleń w ramach misji Mercury, Gemini, Apollo i dalszych astronauta byli po instruktarzu pozostawieni na terenach pustynnych. Podczas szkolenia musieli zaznajomić się w jaki sposób rozpaść ogień, jak złapać i przygotować węża oraz jak pozyskać wodę pitną w suchym środowisku.



Ryc. 5.5: Astronauci programu Apollo podczas szkolenia przetrwania na pustyni. Źródło: NASA/JSC

5.3.4 Przetwanie w warunkach dżungli

W trakcie programów Mercury, Gemini i Apollo astronauta byli transportowani do dżungli w Panamie i tam pozostawieni na kilka dni. Podczas tego okresu musieli wykorzystać umiejętności nabyte podczas wcześniejszych szkoleń, zbudować szałas oraz ochronić się przed insektami i zwierzętami. Istotnym elementem było również nawigowanie w terenie nieprzychylnym.



Ryc. 5.6: Astronauci podczas szkolenia przetrwania w panamskiej dżungli. Źródło: NASA/JSC

5.3.5 Obozy przywództwa i pracy zespołowej

Obecnie program szkolenia nie przewiduje survivalu w dżungli. Podobnych umiejętności kandydaci nabywają podczas szkolenia w lesie na trzydniowym szkoleniu. Jest to jeden z pierwszych etapów szkolenia kandydackiego. Pozwala na zapoznanie członków grupy ze sobą oraz weryfikację cech kandydatów.

Istnieje również wariant łączący szkolenie przetrwania oraz obóz przywództwa i pracy zespołowej, który prowadzony jest w East Temple Peak, Wyoming, USA. Podczas szkolenia, które trwa 8 dni i 8 nocy astronauta są poddawani różnym testom, które mają zbudować ducha zespołu.



Ryc. 5.7: Kandydaci na astronautów podczas szkolenia przetrwania w dzicy w Rangeley w stanie Maine, USA.
Źródło: NASA/JSC

5.3.6 Przetrwanie w warunkach wodnych

Jednym z istotniejszych elementów szkolenia przetrwania jest umiejętność przeżycia po lądowaniu na morzu. Ze względu na specyfikę lądowania, rosyjskie kapsuły lądują z założenia na lądzie, amerykańskie na wodzie, nacisk poszczególnych agencji jest różny.

Rosyjscy kosmonauci praktykują, krótkie jednodniowe szkolenie na jeziorze. W skład szkolenia wchodzi: skok ze śmigłowca (platformy imitującej wiszący śmigłowiec), procedury operacyjne po wodowaniu, umiejętność dobierania odpowiedniego stroju ochronnego w zależności od temperatury powietrza oraz wody, oraz formacje ratunkowe na powierzchni. Ponadto uczestnicy kursu uczą się rozstawiania tratwy i obsługi urządzenia do odsalania i produkcji wody pitnej. W trakcie pierwszych czterech dekad rosyjskiego programu kosmonautycznego szkolenie było przeprowadzane na morzu, a kapsuła wraz z kosmonautami była zrzucana ze statku "Apszeron" [Her13].

Dla astronautów NASA szkolenie z przetrwania na morzu jest kluczowe. Ze względu na sposób lądowania kapsuły wyróżnia się lądowanie w pozycji stabilnej pierwszej lub drugiej (wyjście z kapsuły jest pod wodą). Astronauci praktykują powyższe sytuacje najpierw w basenie neutralnej pływalności a następnie na otwartym oceanie przy różnych warunkach atmosferycznych i różnym stanie morza tj. wielkość fal i siła wiatru.



Ryc. 5.8: Rosyjski kosmonauta podczas szkolenia ratownictwa morskiego wykonuje skok do wody z kapsułą Soyuz. Kosmonauta jest ubrany w suchy skafander pozwalający na utrzymanie ciepła w zimnej wodzie. Źródło: Roskosmos/CPK

5.4 Misje Analogiczne

5.4.1 Wyprawy w ramach programu CAVES

Misja CAVES (Cooperative Adventure for Valuing and Exercising human behaviour and performance Skills) jest tworem Europejskiej Agencji Kosmicznej i ma na celu zaznajomienie członków wyprawy z życiem w ekstremalnych warunkach tj. jaskinie. Podczas szkolenia astronauty różnych agencji biorą udział w mapowaniu korytarzy jaskini Sa Grutta na Sardynii we Włoszech. Ponadto uczą się dokumentowania i pobierania próbek skalnych oraz materiału mikrobiologicznego wraz z późniejszym jego zabezpieczeniem jak również identyfikowaniem minerałów.



Ryc. 5.9: Astronauci Europejskiej Agencji kosmicznej podczas misji CAVES w 2016 roku do jaskini Sa Grutta na Sardynii we Włoszech. W wyprawie wzięli udział astronauta z CNSA (Ye Guangfu), Roskosmos (Sergei Vladimirovich), JAXA (Aki Hoshide), ESA (Pedro Duque) i NASA (Ricky Arnold, Jessica Muir). Źródło: ESA/V. Crobu

5.4.2 Wyprawy w ramach programu PANGAEA

Wyprawy w ramach programu PANGAEA mają na celu przybliżenie astronautom umiejętności eksploracji geologicznej terenów przypominających Księżyc, asteroidy i Mars. Ponadto w trakcie programu prowadzone są wykłady z astrobiologii, geofizyki, geologii i geobiologii. U astronautów kształcona jest umiejętność obserwacyjna i decyzyjna w kwestii identyfikacji cech geologicznych. Ponadto tak jak w przypadku CAVES testowane są nowe sposoby podejmowania próbek, dokumentacji złóż i umiejętności efektywnego komunikowania elementów krajobrazu do MCC i badaczy geologicznych.

Kurs został podzielony na trzy etapy:

- geologia planetarna i kurs wprowadzający w Bressanone we Włoszech,
- geologia terenowa (ang. *field geology*) i wulkaniczna na wyspie Lanzarote, Wyspy Kanaryjskie, Hiszpania,
- kurs astrobiologiczny i mikrobiologiczny na uniwersytetach w Niemczech i w ośrodku EAC oraz Niemiecką Agencję Kosmiczną i Lotniczą (DLR).

Ponadto wykorzystywane są również obszary krateru Ries w okolicach Nördlingen, Niemcy oraz teren Bletterbach we włoskich Dolomitach.

Tab. 5.2: Członkowie wyprawy PANGAEA 2017

Osoba	Rola	Pochodzenie	Jednostka organizacyjna
Massironi Matteo	Scientific Coordinator and Prime Instructor	Italy	Professor of Structural and Planetary Geology, Department of Geosciences, CISAS, University of Padova
Hiesinger Harald	Instructor of Lunar Geology	Germany	Professor of Planetary Geology, Institute for Planetology, University of Münster
Mangold Nicolas	Instructor of Mars Sedimentary Environments	France	Director of the Laboratory of planetology and geodynamics, Nantes
Sauro Francesco	Course Designer and Coordinator, Instructor of Sedimentary Geology	Italy	Extraordinary Professor of Planetary Geology, BIGEA, University of Bologna
Pozzobon Riccardo	Responsible for Course Training Material	Italy	PhD in Geology, Department of Geosciences, University of Padova
Cockell Charles	Astrobiology and Geo-Microbiology Instructor	United Kingdom	Professor of Astrobiology, University of Edinburgh
Frías Jesús Martínez	Instructor of Lanzarote Geology and Planetary Analogues	Spain	Professor of Planetary Geochemistry, Instituto de Geociencias IGEO (CSIC-UCM), Madrid
Samantha Cristoforetti	PANGAEA Participant	Italy	ESA astronaut and test pilot
Hervé Stevenin	PANGAEA Participant	France	ESA astronaut trainer
Matthias Maurer	PANGAEA Participant	Germany	ESA astronaut and scientist
Pedro Duque	PANGAEA Participant	Spain	ESA astronaut and engineer
William Carey	PANGAEA Participant	United Kingdom	ESA robotics specialist
Shahrzad Hosseini	PANGAEA Participant	Germany	ESA's human spaceflight and robotic exploration strategy

5.4.3 Misje NEEMO

Misje NASA Extreme Environment Mission Operations (NEEMO) organizowane są dla astronautów agencji ESA, NASA, CSA, Roskosmos i JAXA. Ośrodek Aquarius - podwodny habitat znajduje się 12 km na wschód od Key Largo na Florydzie w USA. Habitat jest położony 20 metrów pod wodą a misje w nim trwają zwykle 12 dni. W trakcie trwania misji astronauta przebywają w tzw. stanie nurkowania nasyconego (ang. *saturation diving*) i nie istnieje możliwość swobodnego wypłynięcia na powierzchnię oceanu bez konsekwencji poważnej choroby dekompresyjnej. Proces dekompresji trwa 18 godzin.

W trakcie misji używane są techniki neutralnej pływalności oraz zmniejszonej pływalności aby testować pojazdy i urządzenia przeznaczone do wykorzystywania na powierzchni innych ciał niebieskich. Przykładem takiego testu jest system Lunar Evacuation System Assembly (LESA) zaprojektowany przez Centrum Szkolenia Astronautów ESA.



Ryc. 5.10: Astronauta NASA na tle habitatu Aquarius . Źródło: NASA/JSC



Ryc. 5.11: Astronauta NASA Kjell Lindgren rozkłada Lunar Evacuation System Assembly. Źródło: ESA/EAC

5.4.4 Symulacja pracy w środowisku mikrogravitacji

Chociaż 99% kariery astronauty jest na Ziemi to dla pozostałego 1% konieczne jest odbycie szkoleń przygotowujących do pracy w środowisku mikrogravitacji. W tym celu agencje stosują:

- urządzenia symulujące obniżoną grawitację (systemy podwieszania, bieżnie pionowe, MAT),
- treningi w wirówce przeciążeniowej zwiększający odporność organizmu na przyspieszenia,
- loty paraboliczne symulujące stan nieważkości.

Robotyka i systemy ISS

Istotną częścią podstawowego szkolenia astronautów jest trening wykorzystania podstawowych urządzeń robotyki kosmicznej oraz systemów ISS. Jednakże należy zwrócić uwagę na fakt, iż planowo w 2024 Międzynarodowa Stacja Kosmiczna zostanie zdeorbitowana a wykształcenie Polskiego astronauty do tego czasu jest mało prawdopodobne. Nawet jeżeli zaistniałaby możliwość, że program ISS zostanie przedłużony, to i tak wszystkie przydziały do lotów załogowych zostaną zaplanowane z dużym wyprzedzeniem. Zważywszy na powyższy stan w ramach programu polskiego astronauty proponuje się odrzucenie wszelkich tematów związanych z obsługą systemów ISS.

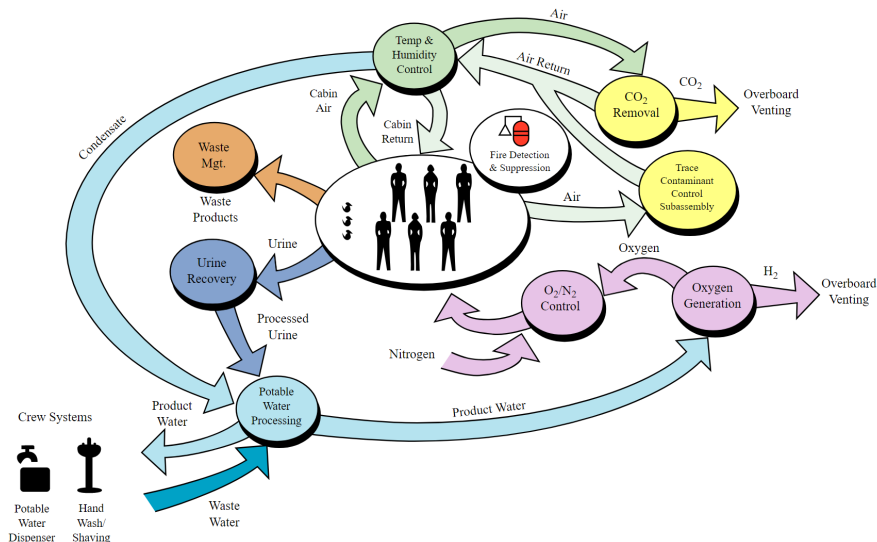
Z tego powodu w niniejszym rozdziale zostaną opisane jedynie technologie i systemy, które mogłyby być wykorzystane w przyszłych planowanych misjach i programach. Lista jest tworzona na podstawie obecnie istniejącego programu szkolenia astronautów wybranych agencji kosmicznych.

6.1 Systemy kontroli środowiskowej i podtrzymania życia

Najistotniejszym elementem zarówno stacji kosmicznej jak i habitatu jest system kontroli środowiskowej i podtrzymania życia (ang. *ECLSS - Environmental Control and Life Support System*). W ramach elementów sterowanych przez system można wymienić:

- kontrola temperatury,
- kontrola wilgotności powietrza,
- kontrola parametrów i składu atmosfery,
- monitoring poziomu CO₂,
- monitoring parametrów atmosfery z uwzględnieniem przesunięć czasowych,
- wizualizacja parametrów stanu habitatu,
- monitoring zużycia wody (szara, żółta, zielona, niebieska),
- zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego w optymalizacji zużycia wody,
- zarządzanie odpadami ciekłymi,
- zarządzanie odpadami stałymi,
- kontrola oświetlenia.

System ECLSS jest podstawowym systemem każdego statku kosmicznego i stacji.



Ryc. 6.1: System Systemy kontroli środowiskowej i podtrzymania życia na ISS. Źródło: Wikipedia

Polski wkład w szkolenie tego typu może mieć infrastruktura habitatu Lunares. Organizacja zarządzająca ośrodkiem prowadzi obecnie badania w celu stworzenia szczelnego ciśnieniowo budynku wraz z systemami wymienionymi powyżej. Rozwój kompetencji oraz urządzeń pozwoliłby na prowadzenie badań jak również na istotny wkład w uczestnictwo w przygotowaniu do przyszłych misji Księżycowych i Marsjańskich.

6.2 Systemy operacyjne i oprogramowanie wykorzystywane w kosmosie

Międzynarodowa Stacja Kosmiczna jest złożoną konstrukcją pobierającą 84-120 kW energii dostarczanej przez panele słoneczne o powierzchni 2,500 metrów kwadratowych i rozpiętości 65 metrów. W strukturze ISS znajdują się 12.9 km kabli elektrycznych podłączonych do 52 komputerów sterujących stacją. Oprogramowanie zarządzające tą skalą ma 3.3 mln linii kodu (część naziemna) oraz 1.8 mln linii kodu część kontrolująca stację (ang. *flight software*). W ramach szkolenia astronauta poznają system operacyjny Międzynarodowej Stacji Kosmicznej wraz z jego użytkowymi detalami [ISS17], [Par17].

6.2.1 System czasu

Na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej wykorzystywana jest strefa czasowa UTC, która jest kompromisem dla Centrów Kontroli Misji zarówno w Houston jak i w Moskwie.

W misjach Księżycowych opóźnienie w komunikacji sygnału elektromagnetycznego może sięgać od 1,19 do 1,35 sekundy (średnio 1,25 sek.). Wartość ta nie wpływa znacząco na obecnie wykorzystywane systemy. Problem stanowi komunikacja z obiektami np. lecącymi na większe odległości. W rozważaniach lotów w kierunku Marsa należy uwzględnić opóźnienia rzędu od 4 do 24 minut (średnio 13 min. 48 sek.). Z tego względu przy wszelkiego rodzaju komunikacji, tj. transfer danych naukowych, danych medycznych i parametrów biometrycznych, danych EVA czy komunikacji prywatnej astronauta oraz MCC może spodziewać się komplikacji i nieporozumień co dodatkowo może powodować frustrację załogi oraz syndrom przemieszczenia (ang. *displacement*), który polega na rozładowaniu emocji (zwykle wrogości) na obiektach innych niż te, które je wzbudziły. Syndrom ten jest znany w specyfice lotów kosmicznych, gdzie astronauta zwykle obwiniają MCC.

Ze względu na zupełnie inny sposób liczenia czasu na powierzchni Marsa czy Księżyca do lotów długoterminowych i między ciałami niebieskimi konieczne jest wprowadzenie systemów o innej podstawie niż sekunda ziemna tj.: Coordinated Mars Time, Mars Sol Date, Lunar Standard Time. Ponadto omówiona powinna zostać również konwersja między czasami ziemskimi a kosmicznymi.

6.2.2 System planowania zadań

Planowanie zadań jest krytycznym elementem misji i wpływa na wydajność osób pracujących w kosmosie. Na skalę złożoności procesu wpływa fakt, iż planowanie składa się z trzech poziomów zadań: długoterminowych, krótkoterminowych oraz nieokreślonych w czasie. Jednocześnie są zadania, które mają możliwość być przeniesione na inny dostępny slot czasowy oraz zadania nie posiadające takiej możliwości. Do planowania i śledzenia postępu prac wykorzystuje się system informatyczny OnBoard Station Procedure Viewing Software (OBSPV).

Plan astronautów dla misji na Marsa ze względu na brak bezpośredniej komunikacji z MCC będzie w większości zadaniowy i nieprzypisany do sztywno określonych slotów czasowych. Wymaga to większej koordynacji i samoorganizacji pracy przez astronautów. Z drugiej strony system jest elastyczniejszy i lepiej dostosowuje się do preferencji użytkownika. Istotną kwestią pozostaje odpowiedzialność za wykonane zadania oraz śledzenie postępu wykonania.

W badaniach na ISS wzięły udział urządzenia do bezdotykowego przeglądania procedur tj. Mobile Procedure Viewer (mobiPV). Urządzenie wyglądem przypomina Google Glass i pozwala na obsługę urządzeń wykorzystywanych podczas badań z jednoczesną możliwością kontroli procedur. MobiPV obsługuje nagrywanie materiału wideo oraz audio, jego transmisję na Ziemię oraz komunikację między PI a astronautą.

6.2.3 System obsługi badań naukowych i zbierania danych

Badania naukowe są głównym powodem eksploracji kosmosu. System wspierający składowanie i obróbkę danych jest więc niezwykle istotnym elementem całości. Dane, które znajdują się w systemie można podzielić na dwie kategorie: dane zbierane automatycznie oraz dane wprowadzane przez astronautów. W tym celu konieczne jest zaprojektowanie odpowiedniego interfejsu.

Oprogramowanie sterujące badaniami naukowymi ma wpływ na monitoring, kontrolę parametrów środowiska w trakcie badania, informację na temat stanu urządzeń technicznych. Dla eksploracji powierzchni ciał niebieskich należy wzbogacić oprogramowanie o funkcje analizy danych geologicznych, astrobiologicznych oraz geofizycznych.

Ponadto jeżeli oprogramowanie ma być wykorzystywane do wsparcia załogi, konieczna jest również analiza danych psychologicznych i socjodynamicznych. Pozwoli to na reagowanie na wcześniejszym etapie na nieprawidłowości w zachowaniu i aktywności astronauty.

Wsparcie medyczne w długotrwałych lotach kosmicznych jest niezwykle istotnym elementem. W tym celu system musi pomóc w ewaluacji stanu astronauty i diagnozie wszelkich chorób. W tym celu można zastosować algorytmy uczenia maszynowego wykrywające anomalie w napływających danych biometrycznych oraz medycznych jak również systemy eksperckie pozwalające na wsparcie diagnozy.

Dane te mogą posłużyć również do planowania aktywności astronautów, dostosowania intensywności i długości ćwiczeń jak również w optymalizacji poruszania się załogi.

6.2.4 System śledzenia stanów magazynowych

Ogromna objętość i złożoność stacji kosmicznej sprzyja możliwości gubienia przedmiotów i narzędzi. Ponadto międzynarodowy i rotacyjny charakter załóg powoduje, że konieczne stało się stworzenie systemu śledzenia inwentarza. Każdy przedmiot wykorzystywany na ISS ma unikalny identyfikator, dzięki czemu astronauta, który go używa może w szybki sposób zaznaczyć ten fakt skanując jego kod kreskowy.

Informacje na temat położenia przedmiotów, daty ważności (w przypadku lekarstw i pożywienia) są przetrzymywane w systemie. Prowadzenie elektronicznego inwentarza pozwala na monitorowanie poziomu zapasów zasobów zużywających się (ang. *consumables*).

Dobrze użyty system potrafi śledzić kaloryczność oraz wartości odżywcze pokarmów przyjmowanych przez załogę co jest konieczne przy utrzymywaniu zbalansowanej diety zawierającej minerały spalniające niekorzystne czynniki działania w środowisku mikrogravitacji.

System ponadto pozwala na monitorowanie stanu przedmiotów, ich uszkodzeń oraz prowadzenie dziennika napraw.

6.2.5 Komunikacja

Podstawą komunikacji ISS z MCC jest komunikacja głosowa. Okazjonalnie astronauta uczestniczą w konferencjach wideo w szczególności w ramach wydarzeń public relations agencji. Do tego mogą prowadzić elektroniczne dzienniki osobiste, dzienniki wideo i audio.

Astronauta na ISS do konferencji prywatnych korzystają z wielokanałowej łączności wykorzystującej protokół Voice Over IP (VoIP). Urządzenie ze względu na specyfikę architektury ruchu między ISS a MCC może mieć do 2 sekund opóźnienia.

6.2.6 System wsparcia EVA

Rolą systemu informatycznego wspierającego EVA jest:

- pomoc w planowaniu spacerów kosmicznych,
- monitoring pozycji astronautów w czasie rzeczywistym,
- strumieniowanie danych audiowizualnych,
- zbieranie i wysyłanie chirurgowi misji (ang. *Flight Surgeon*) parametrów biomedycznych skafandra,
- wsparcie dla sytuacji awaryjnych,
- wsparcie współpracy z systemami robotycznymi,
- planowany systemy wsparcia rozszerzonej rzeczywistości i wyświetlania procedur operacyjnych,
- zmianę celów w trakcie trwania EVA,
- odprawę i rozliczanie załóg z wykonanych zadań.

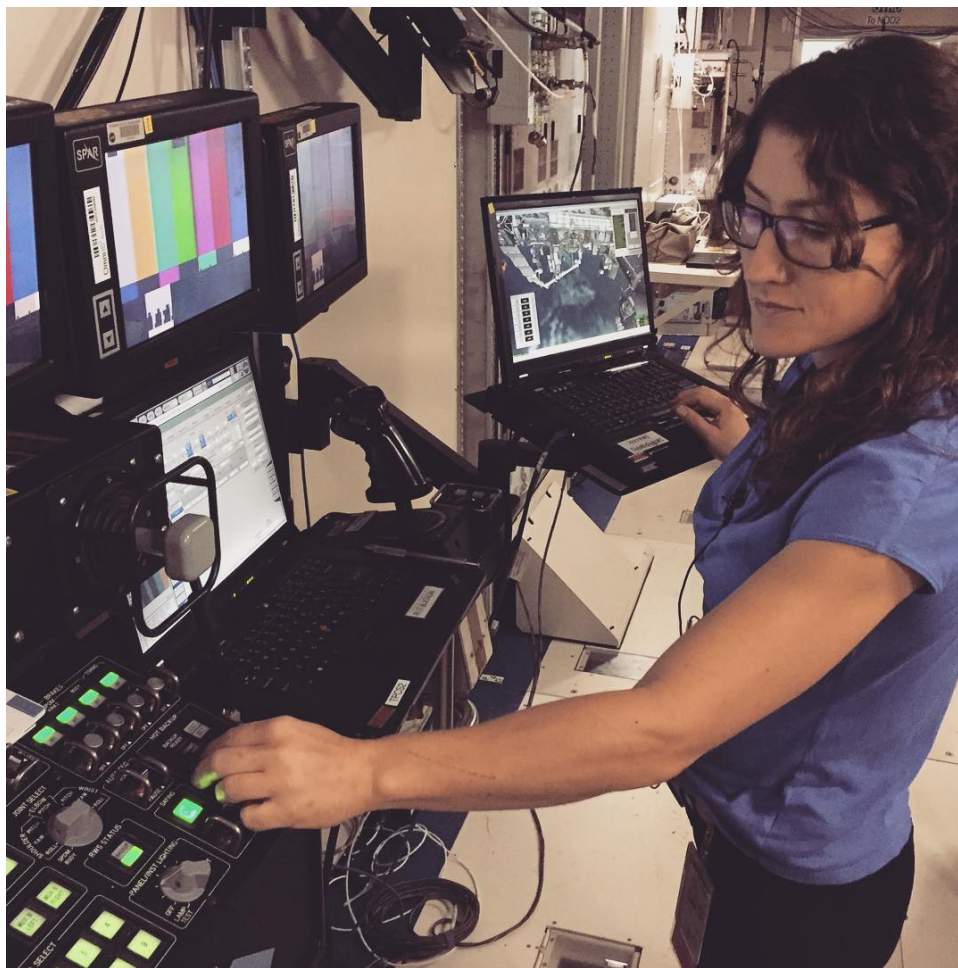
6.2.7 HabitatOS - Polski system operacyjny dla pozaziemskich habitatów

HabitatOS jest specjalistycznym oprogramowaniem klasy systemu operacyjnego, który łączy ze sobą wszystkie wymienione systemy. Oprogramowanie jest tematem rozprawy doktorskiej prowadzonej na LAW w Dęblinie. Ponadto system jest rozwijany i testowo wdrożony w ramach Polskiego habitatu Lunares. W trakcie trwających dwa tygodnie symulacji analogowi astronauta wykorzystują system do zarządzania badaniami medycznymi i danymi z eksperymentów, do komunikacji uwzględniającej opóźnienia czasowe oraz do kontroli parametrów habitatu za pomocą zintegrowanych czujników znajdujących się w budynku.

6.3 Systemy wsparcia robotycznego

6.3.1 Manipulator SSRMS Canadarm 2

Głównym urządzeniem użytym podczas konstrukcji stacji ISS jak również dla jej prawidłowego rozwoju był Manipulator SSRMS Canadarm 2. To ramię robotyczne o długości 15,25 m pozwala na manipulację siedmioma stawami (trzy w nadgarstku, trzy w barku i jedno w łokciu) ramienia i obrót o 360 stopni. Dzięki kontrolerowi wykorzystującemu technologię Force Feedback obsługujący go astronauta może zachować precyzję nawet podczas dokowania statku o masie 113,4 tony metrycznej. Ramię wyposażone jest w podstawowy system unikania kolizji (ang. *Basic Collision avoidance system*) oraz zaawansowany automatyczny system wizyjny (ang. *Advanced automatic vision system*).



Ryc. 6.2: Astronautka NASA Christina M. Hammock podczas ćwiczeń systemów robotycznych. Źródło: NASA/JSC

Polska nie posiada tak zaawansowanego manipulatora. Jednakże w ramach uczelni politechnicznych w kraju znajdują się urządzenia mogące symulować część umiejętności ramienia robotycznego, a co za tym idzie możliwe jest stworzenie programu wprowadzającego to problematyki sterowania urządzeniami robotycznymi.

6.3.2 Łaziki oraz autonomiczne pojazdy

Polska jest liderem na skalę światową w tematyce konstrukcji łazików księżycowych i marsjańskich oraz autonomicznych pojazdów. Świadczą o tym wysokie miejsca w klasyfikacji ogólnej odbywającego się co rok konkursu University Rover Challenge organizowanego przez Mars Society przy wsparciu NASA na amerykańskiej pustyni w stanie Utah. W Polsce jest również organizowany European Rover Challenge, który jest najbardziej prestiżowym konkursem w Europie. Podobnie jak w przypadku URC tak i podczas ERC konstrukcje z Polski są w czołówce, a nierzadko również wygrywają zawody.

Korzystając z unikalnych kompetencji możliwe jest stworzenie części szkolenia opierającego się o posiadane już zasoby w postaci łazików jak również planu szkolenia dla operatorów tych pojazdów.

Szkolenie EVA

Jednym z najtrudniejszych elementów aktywności astronautów w przestrzeni kosmicznej jest wyjście na tzw. spacer kosmiczny (ang. *EVA - Extravehicular Activity*). Do przeprowadzenia takiego wyjścia astronauta przygotowują się przez dwa lata przed misją. Każdy trening jest oceniany przez zespół wykwalifikowanych i certyfikowanych instruktorów. Jednorazowe wejście do basenu neutralnej pływalności tj. NBL oraz Hydro Lab w celu ćwiczenia spacerów kosmicznych trwa sześć godzin. W trakcie astronauta wykonuje zadania pod wodą będąc umieszczonym w skafandrze EMU lub Orlan. Każdy późniejszy EVA w przestrzeni kosmicznej jest poprzedzony przynajmniej dwudziestokrotnym treningiem w środowisku symulującym stan nieważkości. W tym celu w basenie przy użyciu ciężarów i wyporników nadaje się skafandrowi kosmicznemu cechę neutralnego unoszenia się.

Ze względu na bardzo szeroki zakres obowiązków podczas spacerów kosmicznych astronauta specjalizują się w swojej dziedzinie i charakterze przeprowadzanej operacji. Każdy z nich także otrzymuje szkolenie umożliwiające mu zastąpienie dowolnego innego astronauty w jego obowiązkach gdyby zaszła taka potrzeba. Z tego względu szkolenie astronautów podzielone jest na dwa typy:

- szkolenie ogólne (ang. *generic training*),
- szkolenie przekrojowe (ang. *cross training*).

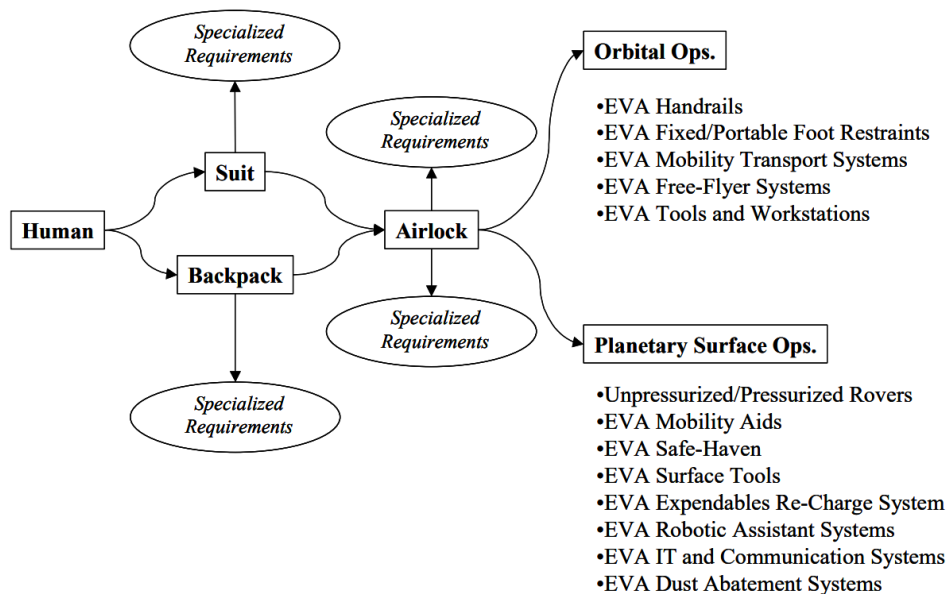
Ponadto wyjścia w przestrzeń kosmiczną dzieli się na:

- zaplanowane,
- awaryjne,
- na obcych ciałach niebieskich.

Astronauta podczas szkolenia podstawowego, a później dla utrzymania sprawności w trakcie swojej kariery ćwiczą wyjścia EVA w basenie neutralnej pływalności. Podczas tych zajęć szkolą się z rozwiązywania sytuacji awaryjnych, m.in. ewakuacja astronauty, który ma niesprawny kombinezon lub nie może się poruszać.

Spacer kosmiczny wymaga wysokiej sprawności oraz dużej siły fizycznej. Z tego względu nie wszyscy astronauta mają możliwość wykorzystania w kosmosie wyuczonych uprzednio umiejętności. Aby astronauta mógł wyjść w przestrzeń kosmiczną musi udowodnić znajomość stroju przechodząc stosowny egzamin jak również musi posiadać odpowiednią kondycję i formę.

Na chwilę obecną wyjścia w przestrzeń kosmiczną skupiają się głównie na pracach na orbicie przy konstrukcji i naprawie międzynarodowej stacji kosmicznej. Przed erą ISS astronauta wychodzili w celu prowadzenia prac technicznych w ramach programów MIR, Skylab, podczas programu Apollo aby dokonać demontażu kamery oraz w programie STS, Gemini i Wostok. Dotychczas EVA na innych ciałach niebieskich doświadczyło dwanaście osób.



Ryc. 7.1: Podział systemów oraz infrastruktury EVA. Źródło: NASA/JSC

7.1 Podział skafandrów kosmicznych

Najważniejszym podziałem skafandrów jest rozdzielenie ich ze względu na przeznaczenie:

- Skafandry kosmiczne wykorzystywane podczas startu i lądowania (IVA),
- Skafandry kosmiczne wykorzystywane podczas wyjść w przestrzeń kosmiczną (EVA).

Ze względu na strukturę oraz konstrukcję podział wygląda następująco:

- skafandry miękkie (ang. *Soft suits*) tworzone z tkanin,
- skafandry sztywne (ang. *Hard-shell suits*) tworzone z kompozytów i metali,
- skafandry hybrydowe (ang. *Hybrid suits*) tworzone przez połączenie tkanin i kompozytów lub metali,
- skafandry przylegające do skóry (ang. *Skintight suits*), projekt badawczy skafandrów tzw. biosuits.

7.2 Skafandry kosmiczne wykorzystywane podczas startu i lądowania

Wcześniejsze loty w ramach programów Wostok, Woschod oraz Sojuz odbywały się przy załodze w skafandrach do użycia wewnątrz pojazdu (ang. *IVA - Intravehicular Activity*). Jednakże zwiększenie załogi z jednego, później do dwóch i docelowo trzech astronautów spowodowało brak miejsca w kapsule i decyzję o nieużywaniu skafandrów. Od czasów śmierci załogi Sojuz-11, którego załogę stanowili Georgy Dobrowolsky (dowódca), Władisław Volkov (inżynier pokładowy), Wiktor Patsayev (inżynier testów) w skutek rozszczelnienia kapsuły i utraty powietrza wszystkie loty kosmiczne odbywają się w skafandrach IVA. Skafandry te są lżejsze od skafandrów EVA i nie posiadają własnego przenośnego systemu podtrzymywania życia (ang. *PLSS - Portable Life Support System*), co czyni je zależne od statku kosmicznego do którego zostały przystosowane. Tab. 7.1 przedstawia zestawienie historyczne skafandrów IVA. Głównymi skafandrami wykorzystywanymi obecnie w lotach załogowych są skafandry *Sokol*.

W amerykańskim programie załogowym również doszło do sytuacji, w której niemalże utracono załogę. Podczas powrotu z misji "Apollo-Sojuz" astronauta: Thomas P. Stafford (Commander), Vance D. Brand (Command Module Pilot), Donald K. "Deke" Slayton (Docking Module Pilot) zostali poddani wpływowi tetraatenu diazotu

N_2O_4 (ang. *dinitrogen tetroxide*) stosowanemu jako utleniacz dla hydrazyny i silników pozycyjnych, który uwolnił się z nieszczelnej instalacji i przedostał się do kabiny.

Za wyjątkiem *STS-1* loty amerykańskich promów kosmicznych zabierały na pokład załogi bez skafandrów. Fakt ten odwrócił się po tragedii promu *Challenger* w 1986. Od tamtego czasu wszystkie loty odbywały się przy użyciu skafandrów *ACES*, które były w charakterystycznym kolorze pomarańczowym, ułatwiającym odnalezienie na morzu w przypadku konieczności awaryjnego opuszczenia promu.

Ze względu na całkowitą izolację od środowiska zewnętrznego w tym również chłodzenia organizm astronauty w trakcie noszenia skafandra IVA narażony jest na przegrzanie. Charakterystyczne dla skafandrów *IVA* jest zabieranie przez astronautów systemów klimatyzacji i wymuszonego obiegu powietrza w walizkach, co można zaobserwować na zdjęciach załóg idących na kosmodrom lub platformę startową.

Tab. 7.1: Zestawienie skafandrów do czynności podczas startu i lądowania *IVA* (ang. *Intravehicular Activity*)

Nazwa	Przeznaczenie	Produkcja	Lata użycia	Program	Uwagi
SK	IVA	ZSSR	1961 - 1963	Wostok	pierwszy skafander używany przez Yuri Gagarina
Mark IV	IVA	USA	1961 - 1963	Mercury	
Gemini G3C	IVA	USA	1965 - 1966	Gemini	
Gemini G4C	IVA i EVA	USA	1965 - 1966	Gemini	użyty zarówno do IVA i EVA
Gemini G5C	IVA	USA	1965 - 1966	Gemini	używany przez 14 dni podczas Gemini 7
Sokol	IVA	ZSSR	1973 - obecnie	Soyuz	
Ejection Escape Suit	IVA	USA	1981 - 1982	Space Shuttle	używany przy pierwszych lotach
Launch Entry Suit	IVA	USA	1988 - 1998	Space Shuttle	
Strizh	IVA	ZSSR	1988	Buran	
Advanced Crew Escape Suit	IVA	USA	1994 - 2014	Space Shuttle	
Shenzhou IVA	IVA	Chiny	2005	Shenzhou	użyty podczas Shenzhou 5
MACES	IVA i EVA	USA	n/d	Orion	użyty zarówno do IVA i EVA

7.3 Skafandry kosmiczne wykorzystywane podczas wyjść w przestrzeń kosmiczną

Skafandry, które wykorzystuje się do wyjść w przestrzeń kosmiczną, tj. do pracy poza statkiem, nazywa się skafandrami EVA (ang. *Extravehicular Activity*). Do podstawowych zadań skafandra należą:

- ochrona przed ekstremalnym środowiskiem kosmosu,
- ochrona przed brakiem ciśnienia (próżnią),
- ochrona przed mikrometeoritami,
- ochrona termiczna przed fluktuacjami temperatury od -156°C do $+121^{\circ}\text{C}$,
- próba ochrony przed radiacją, cząstkami wysokich energii oraz promieniowaniem kosmicznym tła,
- ochrona przed promieniowaniem ultrafioletowym.

Tab. 7.2 przedstawia listę skafandrów kosmicznych wykorzystywanych do wyjść w przestrzeń.

Na uwagę zasługuje fakt, że podobnie jak w skafandrach *IVA* tak przy EVA część skafandrów tworzona jest iteracyjnie, tzn. poprzednie modele z wcześniejszych programów są poddawane modyfikacjom i wykorzystywane w

nowym środowisku. Przykładem jest skafander obecny *EMU*, który wyewoluował ze skafandra wykorzystywanego podczas lotów wahadłowców.

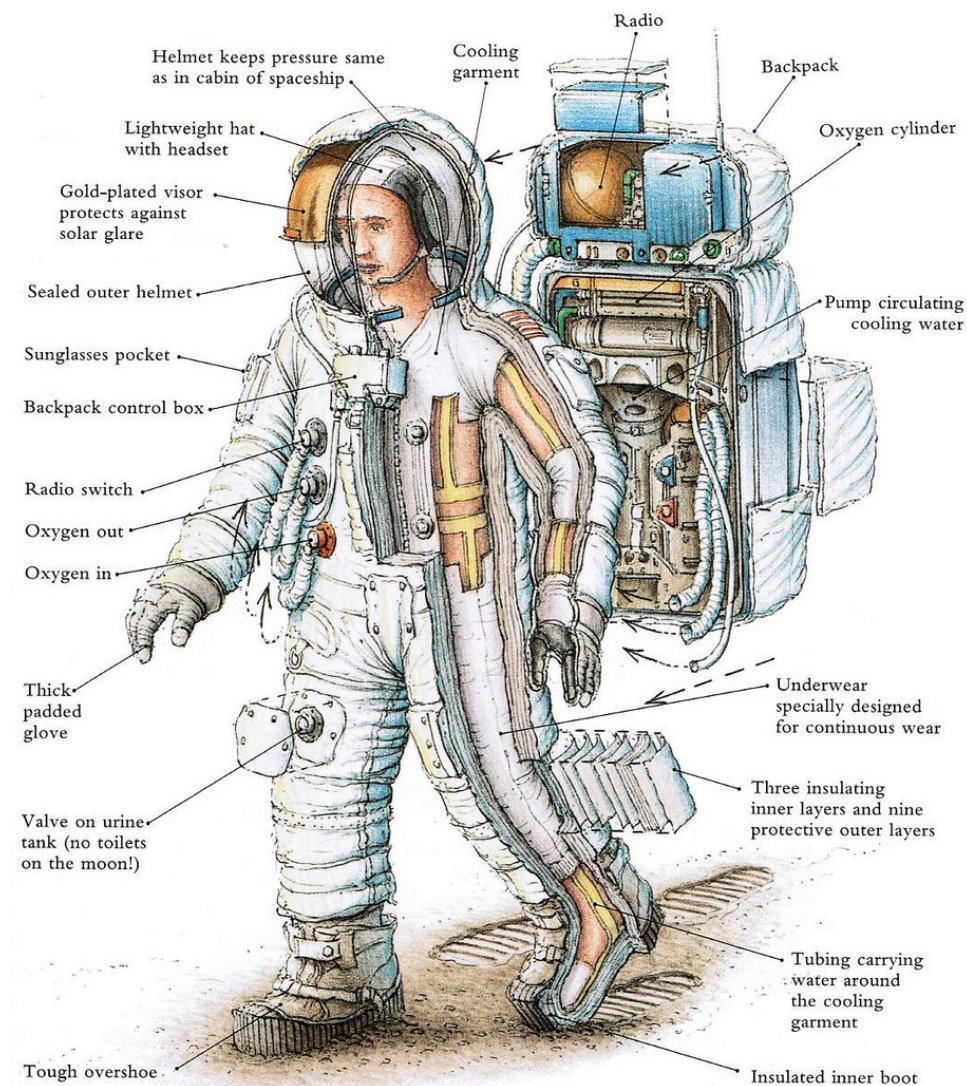
Tab. 7.2: Zestawienie skafandrow do spacerów kosmicznych EVA (ang. *Extravehicular Activity*)

Nazwa	Produkcja	Lata użycia	Program	Uwagi
Berkut	ZSSR	1965	Wostok	Alexey Leonov - pierwszy EVA
Krechet-94	ZSSR	1965 - 1970	N1/L3	Księżycowy
Gemini G4C	USA	1965 - 1966	Gemini	użyty zarówno do IVA i EVA
Apollo Block 1 A1C	USA	1966 - 1967	Apollo	zaprzesztano użycia po pożarze Apollo 1
MH-7	USA	n/d	Manned Orbital Laboratory	nigdy nie użyty
Shuguang	Chiny	1967	Project 714	nigdy nie użyty
Project 863	Chiny	n/d	n/d	nigdy nie użyty
Apollo / Skylab A7L	USA	1968 - 1975	Apollo, Skylab	
Yasterb	ZSSR	1969	Soyuz 4 i 5	
Orlan	ZSSR	1977 - obecnie	Soyuz, Mir, ISS	
Extravehicular Mobility Unit	USA	1982 - obecnie	Space Shuttle, ISS	
Haiying	Chiny	2008	Shenzhou	Orlan M - użyty podczas Shenzhou 7
Feitian	Chiny	2008 - obecnie	Shenzhou	używany od Shenzhou 7
MACES	USA	n/d	Orion	użyty zarówno do IVA i EVA

7.4 Zaznajomienie się ze skafandrem

Szkolenie przygotowujące do spacerów kosmicznych zaczyna się od zapoznania ze skafandrem. Astronauci są następnie przygotowani do egzaminów z wykorzystania strojów *EMU* oraz *Orlan*. Ze względu na różnice w budowie, zakładaniu i zdejmowaniu skafandra, ciśnieniu operacyjnym oraz systemach awaryjnych astronauta musi przejść ścieżkę certyfikacyjną z każdego stroju na międzynarodowej stacji kosmicznej. Po takiej certyfikacji astronauta powinien wykazać się dużą wiedzą na temat nie tylko posługiwania się wysoko wyspecjalizowanym ubiorem ale również w jego systemach awaryjnych. Każde ze szkoleń jest oceniane przez instruktorów z centrum kontroli misji.

Po pozytywnym zaliczeniu egzaminów teoretycznych z przedmiotu zaznajomienia się ze skafandrem (ang. *Suit Familiarization*) astronauta jest dopuszczony do możliwości wykorzystania stroju w symulacjach w basenie neutralnej pływalności.

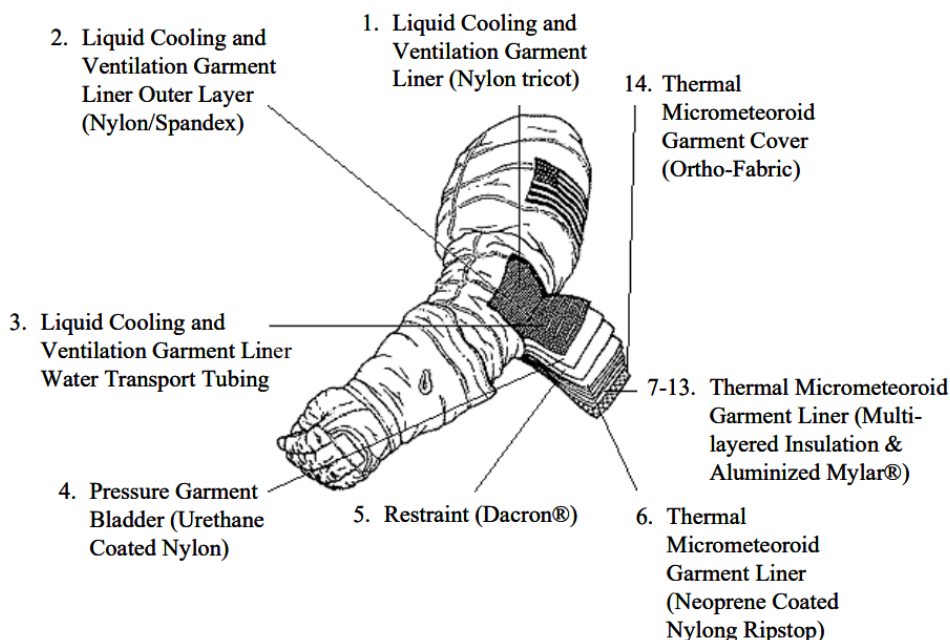


Ryc. 7.2: Warstwy skafandra na przykładzie amerykańskiego A7L. Źródło: NASA/JSC

7.5 Generalna charakterystyka skafandrów kosmicznych

Większość skafandrów działa w podobny sposób i składa się z 4 podstawowych warstw:

- warstwa pęcherza (ang. *bladder*)
- warstwa nadająca kształt (ang. *restraint*),
- warstwa ochronna (ang. *Thermal Micrometeoroid Garment*),
- warstwa zewnętrzna.



Ryc. 7.3: Warstwy skafandra na przykładzie amerykańskiego EMU. Źródło: NASA/JSC

W zależności od skafandra inny jest sposób jego przywdziewania (ang. *donning*) i zdejmowania (ang. *doffing*). Rosyjskie skafandry *Orlan* oraz Chiński *Feitian* zakładają się wchodząc przez wejście na plecach w otwierany plecak *PLSS*.

Amerykańskie EMU przywdziewa się składając z kilku części, tj.:

- tors,
- hełm,
- rękawice,
- spodnie z butami.

Niezależnie od rozwiązania warstwy *LCVG*, która pozwala na regulowanie temperatury jest zakładana przez astronautę przed ubraniem skafandra EVA.

7.6 Sprawdzenie szczelności skafandra

Przed wykonywaniem zadań w basenie astronauta wykonują tzw. sprawdzenie szczelności skafandra. Podczas tego testu astronauta ubrany w strój do wyjść EVA jest zamykany w pomieszczeniu, w którym odpompowywane jest powietrze do uzyskania ciśnienia zbliżonego do próżni. W trakcie trwania testu astronauta zapoznają się z zachowaniem skafandra i materiału, który sztywnieje i się napręża dając uczucie nadmuchania. Z tego względu praca w warunkach braku ciśnienia panujących poza statkiem kosmicznym jest znacznie trudniejsza od symulacji prowadzonych w basenie doskonałej pływalności.

7.7 Systemy biomedyczne stosowane podczas EVA

Każdy skafander kosmiczny posiada inny zestaw sensorów i urządzeń kontrolujących organizm i pracę astronautów. Szczegółowe informacje na temat systemów biomedycznych skafandrów zostały przedstawione w osobnym rozdziale. Podczas podstawowego zapoznania się ze skafandrem astronauta poznaje systemy wspierające i monitorujące:

- promieniowanie,
- działanie układu krwionośnego,
- działanie układu oddechowego,
- systemy biometryczne,
- systemy podtrzymania życia.

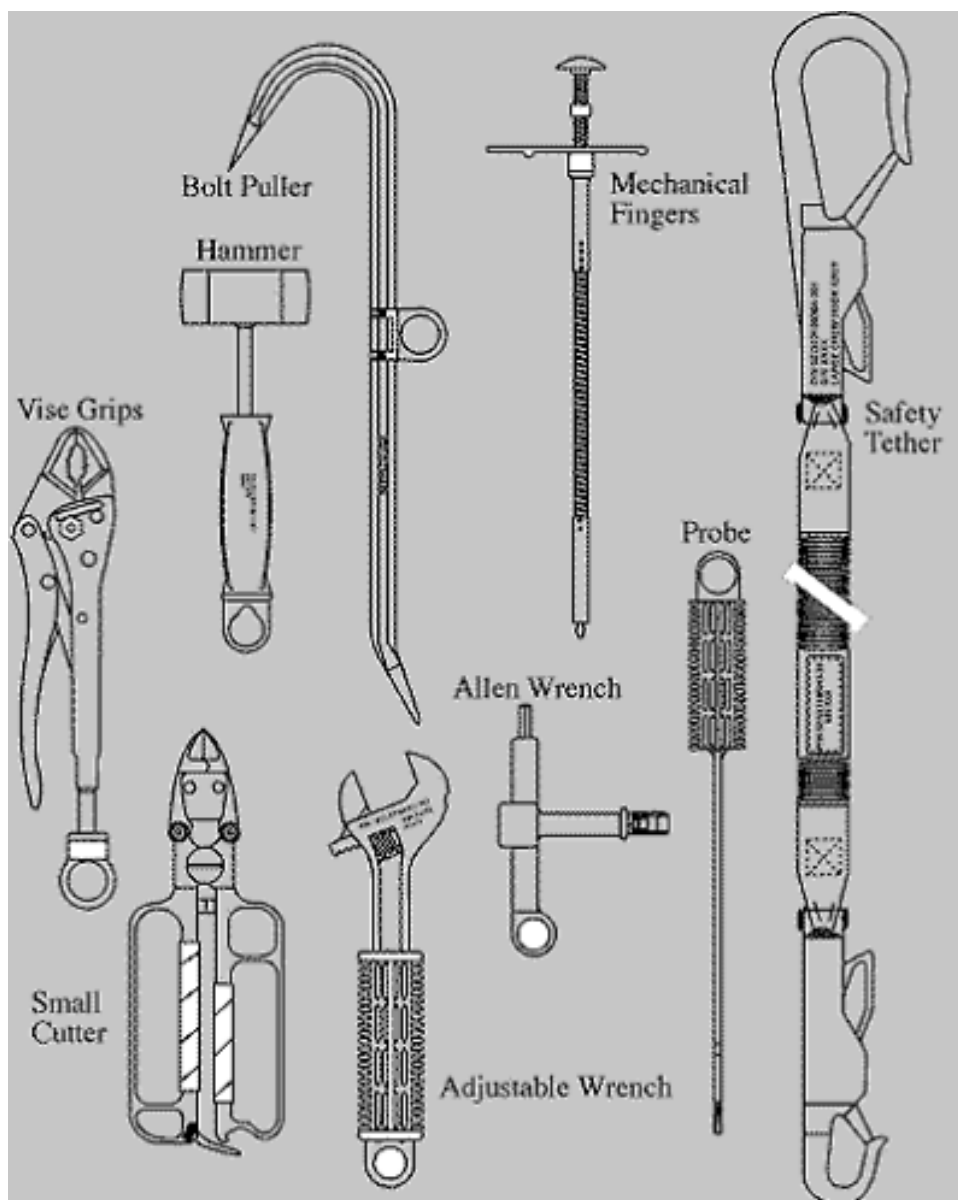
Układ krwionośny monitorowany jest za pomocą trzypunktowych elektrod Elektrokardiografu (EKG). Informacje na temat układu oddechowego stanowią dane odnośnie ilości wdychania tlenu i wydychania dwutlenku węgla, dzięki czemu lekarze i biomedycy mogą obliczyć metabolizm oraz przemianę anaerobową w trakcie wykonywania prac.

Każdy z systemów pobiera informacje i przekazuje je do centrum kontroli misji gdzie inżynierowie skafandra, inżynierowie biomedyczni oraz lekarz lotu (ang. *flight surgeon*) asystują astronautom podczas wyjścia w przestrzeń kosmiczną.

Ze względu na niedoskonałość materiału każdy strój posiada tzw. przecieki, które są również monitorowane. W przypadku zbyt dużego tempa wycieku powietrza uruchamiane są systemy awaryjne a astronauta natychmiast musi przerwać pracę na zewnątrz i udać się do słuzy pojazdu. Więcej na temat procedur oraz systemów awaryjnych w osobnym podrozdziale.

7.8 Wykorzystywanie specjalistycznych narzędzi do pracy

Prace w przestrzeni kosmicznej wymagają znajomości wysokospecjalistycznych narzędzi. Ich rolą jest nie tylko pomoc astronautce w dokonaniu naprawy czy montażu sprzętu ale również zachowanie pozycji czy bezpiecznego poruszania się w obrębie stacji kosmicznej.



Ryc. 7.4: Narzędzia wykorzystywane podczas EVA. Źródło: NASA/JSC

Urządzenia wykorzystywane w pracy w przestrzeni kosmicznej możemy podzielić na:

- śrubokręty (ang. hex screwdriver),
- klucze dynamometryczne (ang. ratchet wrench),
- wiertarki i wkrętarki (ang. pistol grip tool),
- urządzenia do spawania.

Prowadzenie prac w środowisku mikrogravitacji przy wykorzystaniu urządzeń tj. śrubokręty, wiertarki i wkrętarki nie jest analogiczne do wykonywania tych czynności na Ziemi. Brak oporu ośrodka i mikrogravitacja powoduje wytworzenie niebilansowanego momentu skręcającego działającego na astronautę a to w konsekwencji prowadzi do zmiany jego pozycji względem stacji przy korzystaniu z narzędzia. Astronauta używając klucza czy wkrętarki musi być przymocowany aby móc przyłożyć odpowiednią siłę.

7.9 Wykorzystanie urządzeń wspierających pracę w przestrzeni kosmicznej

Urządzenia wspierające pozwalają na zachowanie pozycji względem stacji kosmicznej oraz na łatwiejsze posługiwanie się narzędziami. Do głównych urządzeń wspierających czynności podczas spacerów kosmicznych można zaliczyć:

- przedłużki zmieniające ramię narzędzi,
- liny stalowe (ang. *tether*),
- przymocowania stóp (ang. *foot restraints*).

Do zadania przedłużeń należy zwiększenie długości ramienia klucza. Urządzenia te usadza się na końcu klucza przedłużając jego rączkę. Dzięki ich zastosowaniu astronauta może zwiększyć moment obrotowy działający na śrubę i dzięki temu przykręcić lub odkręcić śruby z większą siłą i precyzją.

Urządzenia przymocowywania stóp były głównie wykorzystywane podczas misji amerykańskich promów kosmicznych, gdzie astronauta przymocowany nogami do specjalnego panelu zamontowanego na ramieniu robotycznym mógł być bezpiecznie i stabilnie być wspierany przy wykonywaniu prac w stanie nieważkości.

Obecnie podstawowym elementem wyposażenia każdego stroju astronauty są tzw. upręże z blockami stalowych lin. Każdy strój do wyjść w przestrzeń kosmiczną posiada dwie takie upręże. Podczas spaceru kosmicznego astronauta musi być przymocowane za pomocą przynajmniej jednej liny z klamrą do stacji kosmicznej aby nie odlecieć w przestrzeń. W celu przemieszczenia się astronauta zaczepta drugą klamrę do następnego punktu przymocowania i po upewnieniu się pewności zaczepu odzcepta pierwszą przechodząc w dalsze miejsce.

Szkolenie pilotażu

Za czasów programu Apollo astronauta byli szkoleni również z pilotażu śmigłowców oraz тренаżera lądowania księżycowego (ang. *LLRV - Lunar Landing Research Vehicle*) tj. pojazdu pionowego startu i lądowania wyglądem przypominającego pająka z silnikiem odrzutowym umiejscowionym w spodniej części. Zarówno szkolenie śmigłowcowe jak i LLRV przygotowywały astronautów do umiejętności startu, zawisu i lądowania.

Ponadto astronauta biorą również udział w badaniach naukowych oraz opracowaniu technologii dla przyszłych misji. Przykładem tego ostatniego może być kanadyjski astronauta Jeremy Hansen, który będąc z zawodu pilotem samolotu CF-18 przeszedł kolejne intensywne szkolenie lotnicze w Flight Research Laboratory, NRC, Kanada. Gdzie nauczył się pilotować zmodyfikowaną wersję śmigłowca Bell 205 przekształconą w symulator lądownika Księżycowego. Rozwój tego rozwiązania pozwoli na wykorzystanie maszyny w szkoleniu przyszłych astronautów, których zadaniem będzie powrót na Księżyc czy lądowanie na Marsie [CSA18].

Szkolenie pilotażowe jest jednym z najtrudniejszych elementów szkolenia astronautycznego, ze względu na konieczność podejmowania decyzji stanowiących o życiu lub śmierci w reżimie wysokiego ryzyka i stresu. Dotychczas większość z astronautów była wybierana z korpusu testowych pilotów wojskowych, gdyż ich domeną był badawczo-naukowy charakter pracy co również przyczyniało się do skuteczniejszego wykorzystania ich umiejętności [Glo16].

Obecnie poziom bezpieczeństwa lotów osiągnął poziom pozwalający na większe zaangażowanie pracowników naukowych i inżynierskich. Jednakże aby zaznajomić ich z wymagającym charakterem zadań i działaniem pod presją wciąż wykorzystuje się szkolenie pilotażowe aby to osiągnąć.

8.1 Trening pilotażu samolotów

Szkolenie pilotażowe astronautów zwykle przebiega podobnie jak szkolenie pilota z wyłączeniem zadań specjalnych tj. użycie broni. W zależności od agencji kosmicznej astronauta mają różny stopień przeszkolenia. Amerykańscy astronauta szkoleni są w bazie Ellington Air Force Base (Ellington AFB) na samolotach szkolno-treningowych T-38. Uprzednio uzyskują również trening przygotowujący do lotów kosmicznych (ang. *Space Flight Readiness Training*) na samolocie WB-57 w Beale AFB, North Carolina. Jednym z elementów szkolenia jest tzw. latanie w formacji (ang. *formation flying*). Ta umiejętność ćwiczy precyzję i pracę zespołową. Zadanie polega na pilotowaniu statku powietrznego, który poruszając się 900 km/h zbliża się do drugiego na odległość 2-3 metrów i utrzymując odległość razem z nim wykonuje figury akrobatyczne. Szkolenie pilotażowe w powietrzu wymaga od pilota umiejętności, które są w inny sposób nieosiągalne. Manewry typu "Wyciskanie G" (ang. *Pulling G's*) w różnych pozycjach szczególnie w locie odwróconym wymagają fizycznej wytrzymałości organizmu w szczególności mięśni i serca oraz wysokiej adaptacji fizjologicznej. Szkolenie na samolotach T-38 jest ostatnim etapem szkolenia kandydatów na astronautów NASA.

Szkolenie pilotażowe kosmonautów rosyjskich i wcześniej radzieckich podobnie jak u amerykańców również odbywają się na samolotach odrzutowych. Program szkolenia i zakres ćwiczeń jest analogiczny do NASA.

Europejscy astronauta uzyskują licencję pilota prywatnego PPL(A) na lotnisku w Kolonii w Niemczech. Podczas ćwiczeń wykonują zadania zgodnie z programem szkolenia pilotów cywilnych.

W ramach ćwiczeń trenowane są [Par17], [Mas16]:

- loty akrobacyjne na wysokomanewrowych samolotach,
- latanie w formacji,
- zapoznanie się z wysokimi wartościami przeciążenia (ang. *g-load*),
- szybkie podejmowanie decyzji, gdy konsekwencje mogą stanowić o życiu,
- loty wysokościowe,
- monitorowanie paliwa i parametrów samolotu,
- monitorowanie stanu atmosfery,
- lądowania awaryjne,
- treningi katapultowania,
- symulacja problemów spadochronu hamującego (ang. *PLF - Parachute Landing Failure*),
- przeżycie po katapultowaniu w środowisku nieprzygodnym.

8.2 Trening pilotażu innych statków powietrznych

Za czasów programu Apollo astronauta byli szkoleni również z pilotażu śmigłowców oraz trenażera lądowania księżycowego (ang. *LLRV - Lunar Landing Research Vehicle*) tj. pojazdu pionowego startu i lądowania wyglądem przypominającego pająka z silnikiem odrzutowym umiejscowionym w spodniej części. Zarówno szkolenie śmigłowcowe jak i LLRV przygotowywały astronautów do umiejętności startu, zawisu i lądowania.

Ponadto astronauta biorą również udział w badaniach naukowych oraz opracowaniu technologii dla przyszłych misji. Przykładem tego ostatniego może być kanadyjski astronauta Jeremy Hansen, który będąc z zawodu pilotem samolotu CF-18 przeszedł kolejne intensywne szkolenie lotnicze w Flight Research Laboratory, NRC, Kanada. Gdzie nauczył się pilotować zmodyfikowaną wersję śmigłowca Bell 205 przekształconą w symulator lądownika Księżycowego. Rozwój tego rozwiązania pozwoli na wykorzystanie maszyny w szkoleniu przyszłych astronautów, których zadaniem będzie powrót na Księżyc czy lądowanie na Marsie [CSA18].

8.3 Pilotaż statku kosmicznego Sojuz

Na chwilę obecną jednym z najważniejszych aspektów szkolenia astronautów przed lotem kosmicznym jest szkolenie z wykorzystywania systemów rosyjskiego statku kosmicznego Sojuz. Operacje wykonywane przez ten statek są w pełni zautomatyzowane, ale w sytuacjach awaryjnych istnieje możliwość przejścia na tzw. ręczny tryb i samodzielne przejęcie kontroli nad kapsułą. Z tego też powodu zarówno astronautów jak i kosmonautów poddaje się szkoleniu, które trwa około 790 godzin i obejmuje aspekty [Had13]:

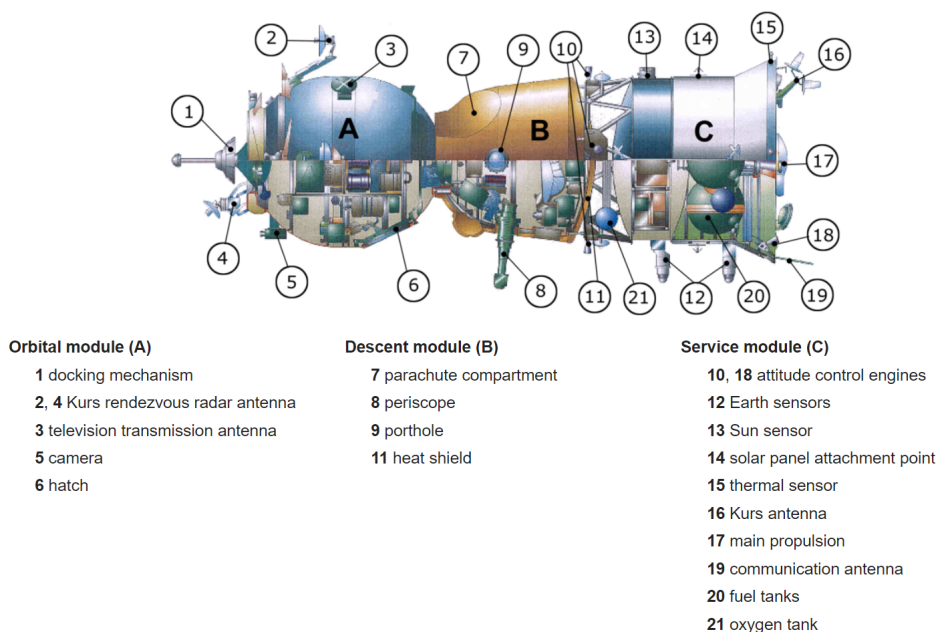
Sytuacje normalne:

- przygotowanie do startu,
- start,
- zwiększanie orbity,
- podejście do ISS,
- manewr dokowania,
- manewr odejścia od ISS,

- obniżanie orbity,
- wejście w atmosferę,
- lądowanie.

Sytuacje awaryjne:

- rozszczelnienie,
- pożar,
- przerwanie startu,
- problemy na orbicie,
- przejście na manualne sterowanie,
- niedziałające systemy (elektryczny, podtrzymanie życia, nawigacja, sterowanie),
- kolizja,
- wejście wykorzystując profil balistyczny,
- problemy przy lądowaniu.



Ryc. 8.1: Schemat statku Sojuz. Źródło: Roskosmos

Statek Sojuz wyposażony jest w system *KURS*, który pozwala na automatyczne naprowadzanie oraz dokowanie kapsuły do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. System ten był opracowany dla kapsuł dokujących do stacji Salut [Sid00] oraz dla stacji MIR. Obecnie system jest wypierany przez nowszy i dokładniejszy system, którego podzespoły w kapsule są znacznie lżejsze.

Ze względu na przesunięty środek ciężkości kapsuły Sojuz istnieje możliwość za pomocą niewielkich silniczków sterowania miejscem położenia tego punktu. Dzięki temu astronauta uzyskują możliwość sterowania kapsułą a zasięg korekty profilu lądowania może wynieść nawet do kilkunastu kilometrów.

Kapsuła Sojuz używa tzw. "systemu miękkiego lądowania". System ten składa się z niewielkich silniczków rakietowych z wektorem ciągu przeciwnie skierowanym do lotu kapsuły. System ten jest aktywowany na dwa metry przed uderzeniem w ziemię pozwalając na zminimalizowanie w znacznym stopniu siły uderzenia o grunt. Jego użycie powoduje charakterystyczny płomień i dym przy uderzeniu w ziemię co mylnie kojarzone jest z sytuacją niebezpieczną. Aktywacja tego systemu oraz miękkie lądowanie zostało uwiecznione na taśmach wideo [62], [26].

8.4 Sytuacje awaryjne statku kosmicznego

Loty kosmiczne są obarczone wysokim stopniem ryzyka. Większość z godzin przeprowadzonych w symulatorze statku kosmicznego Sojuz ma za zadanie przygotować załogę na umiejętność reakcji w krytycznych sytuacjach. Do najbardziej prawdopodobnych i najgroźniejszych sytuacji należy: rozszczelnienie oraz pożar.

8.4.1 Rozszczelnienie

Do rozszczelnienia kapsuły może dojść na skutek kolizji z mikrometeoroidem, który niszcząc poszycie pozostawia otwór, z którego uchodzi powietrze. W zależności od wielkości uszkodzenia są różne procedury. Jedną z najważniejszych rzeczy należących do załogi jest uszczelnienie skafandra IVA Orlan oraz odkręcenie dopływu powietrza. Do czasu misji Sojuz-11 podczas, której przy wejściu w atmosferę doszło do rozszczelnienia kapsuły i ujścia powietrza co skutkowało śmiercią załogi, kosmonauci nosili strojów wewnątrz kapsuły [Wadc]. Od czasu tego incydentu zarówno podczas startu, dokowania, odejścia, i wejścia w atmosferę astronauta muszą znajdować się w stroju IVA [Wada].

Podobny incydent zdarzył się podczas lotu Apollo-Sojuz gdy do amerykańskiej kapsuły Apollo podczas wejścia w atmosferę zaczął wdzierać się toksyczny gaz tetroksyden azotu N_2O_4 (ang. *dinitrogen tetroxide*) [Kra01], [SC94]. Szybka i właściwa reakcja astronautów zapobiegła utracie załogi.

8.4.2 Pożar na pokładzie statku kosmicznego

Podczas treningu w statku kosmicznym Sojuz gdy astronauta zauważy dym lub ogień powinien natychmiast zamknąć szybę w skafandrze by uniknąć inhalacji potencjalnie szkodliwym dla zdrowia dymem [Mog15]. Po wykonaniu tej czynności przystępuje do gaszenia ognia. Ze względu na brak gaśnic oraz urządzeń do walki z ogniem na pokładzie statku kosmicznego astronauta mają następujące możliwości powstrzymania rozprzestrzeniania się ognia:

- wyłączenie wentylatorów i urządzeń cyrkulacji powietrza,
- wyłączenie wszystkich elektrycznych urządzeń łącznie z komputerem pokładowym,
- rozszczelnienie statku powietrznego.

W środowisku mikrogravitacji nie występuje wymuszona konwekcja ciepła i ruchu powietrza. Wyłączenie wentylatorów i urządzeń cyrkulacji ma na celu zdławienie ognia poprzez wykorzystanie powietrza w procesie spalania w pobliżu miejsca, w którym doszło do zapłonu.

Wyłączenie urządzeń elektrycznych ma na celu wyeliminowanie źródeł powstania ognia. W przerwy w zasilaniu ogień powinien sam zgasnąć. Po odczekaniu określonego czasu następuje ponowne włączenie urządzeń pokładowych.

Najbardziej drastycznym sposobem na wyeliminowanie pożaru jest rozszczelnienie statku kosmicznego (ang. *depressurization*). Wraz z pozbawieniem atmosfery tlenu ogień zgaśnie. Jest to najbardziej niebezpieczny sposób gaszenia i to rozwiązanie pozostaje do użycia tylko w ostateczności. Przed procesem rozszczelnienia kapsuły astronauta muszą sprawdzić szczelność swoich skafandrów aby upewnić się czy sami nie będą narażeni na niebezpieczeństwo wystawienia na działanie próżni. Przy wykorzystaniu tego sposobu misja jest przerywana i kapsuła musi skierować się do awaryjnego wejścia w atmosferę w ciągu 125 minut. Czas ten odpowiada 1.5 okrążeniu Ziemi i powinien być wystarczający aby powrócić do jednego z wyznaczonych uprzednio miejsc awaryjnego lądowania. Podczas tego czasu temperatura ciała astronautów powoli zacznie wzrastać ze względu na tempo pompowania powietrza do skafandra - 22 litry na minutę. Tempo to jest wystarczające aby pozwolić astronautom bezpiecznie oddychać, ale nie pozwala na chłodzenie ciała. Z tego względu czas 125 minut jest krytyczny aby zapobiec śmierci astronautów ze względu na przegrzanie organizmu.

8.4.3 System przerwania startu (Launch Escape System)

Wszystkie załogowe statki kosmiczne są wyposażone w system ewakuacji podczas startu (ang. Launch Escape System). Systemy te pozwalają na ucieczkę załogi gdy rakieta zachowuje się nieprawidłowo, lub gdy na płycie startowej doszło do eksplozji. Zasada działania systemu zwykle być bardzo prosta i polega na trzech przewodach elektrycznych. Jeżeli napięcie zaniknie na dwóch z nich - przewód jest przerywany - automatycznie aktywują się silniki raketowe odciągające kapsułę z załogą z dala od wybuchającej rakiety. W system ten były wyposażone już rakiety z programu Mercury-Redstone i późniejsze.

Na specjalną uwagę zasługuje fakt, iż w programie Gemini zdecydowano się na zmianę systemu awaryjnego opuszczania pojazdu przy starcie i zastąpiono go wyrzucanymi fotelami katapultowymi. W podobny system był wyposażony statek Wostok, którym Gagarin jako pierwszy okrążył Ziemię. W późniejszych lotach radzieckich Woschod ze względu na brak miejsca w kabinie zrezygnowano z systemu awaryjnego.

System ewakuacji załogi podczas startu może być aktywowany [o200405]:

- automatycznie (przerwanie minimum dwóch z trzech obwodów),
- ręcznie przez kontrolerów lotu na polecenie kierownika lotu (ang. Flight Director),
- ręcznie przez dowódcę załogi.

Astronauci są szkoleni z wykorzystywania systemu lecz nie zdarzył się przypadek gdy system ten zadziałał z tego powodu. Podczas misji Apollo 12 po starcie rakiety piorun trafił w strukturę pojazdu i dowódca Charles "Pete" Conrad był bliski aktywowania systemu. Piorun trafił w raketę dwukrotnie, ale w żadnym z tych wydarzeń system nie został aktywowany i misja przebiegła bez incydentów [Kra01].

System ten został użyty podczas misji Sojuz T-10-1 (26 września 1983) i pozwolił załodze na bezpieczne oddalenie się od rakiety, która wybuchła na platformie startowej. Astronauci podczas tego wydarzenia byli poddani przeciążeniu chwilowemu równemu 14G do 17G (137 do 167 $\frac{m}{s^2}$).

Z systemem ewakuacji podczas startu związany jest również wypadek, w którym zginęli inżynierowie pracujący na platformie w kosmodromie Bajkonur w Kazachstanie. System będąc uzbrojonym błędnie zinterpretował dane na temat awarii i uruchomił silniki odrzutowe. Od tego momentu system uzbraja się bezpośrednio przed startem po opuszczeniu przez wszystkich platformy startowej i okolic rakiety Sojuz 7K-OK No.1 [Kam99].

Podczas pierwszych testowych lotów prom był wyposażony w fotele katapultowe dla pierwszego i drugiego pilota. Z systemu tego zrezygnowano w późniejszych lotach ze względu na niewielkie prawdopodobieństwo przeżycia załogi. W zamian za to zastosowano system tzw. Mode VIII - Bail-out, w którym wyposażeni w spadochrony astronauci mieli zsunąć się z wyciągniętej z promu grubej rury chroniącej przed uderzeniem w usterzenie i skrzydła a następnie na spadochronach wylądować w oceanie i rozpocząć procedurę wodnego przetrwania (opis w Rozdz. 5.3.6 dotyczącym przetrwania w warunkach morskich i oceanicznych) [Col05].

Przydziały naziemne

Communication, Teamwork, Commitment to excellence

—Victor Glover, NASA Astronaut [Glo16]

Przydziały naziemne (ang. *Ground Assignments*) to czas astronauty pomiędzy misjami, który jest wykorzystywany zarówno na treningi w celu podtrzymania umiejętności, szkolenie innych astronautów, pomoc w opracowaniu nowych rozwiązań inżynierskich, stworzeniu procedur operacyjnych i choreografii EVA, testowanie nowych symulatorów oraz rozwiązań robotycznych jak również na popularyzację nauki i eksploracji kosmosu [ESA14].

Ponadto astronauta odwiedzą różne prywatne agencje tj. SpaceX, Virgin Galactic oraz Scaled Composites w celu zacieśnienia współpracy. Biorą również udział w badaniach naukowych oraz opracowaniu technologii dla przyszłych misji.

Doświadczeni astronauta biorą udział w:

- selekcji nowych kandydatów,
- selekcji astronautów lecących na ISS,
- planowania zakresu treningów,
- certyfikacji personelu latającego,
- wsparcia misji obecnie trwających,
- pomocy doraźnej w przywracaniu astronautów do sprawności po locie,
- długotrwałej rehabilitacji powracających astronautów,
- ponownej integracji załogi wracającej z pozostałą częścią astronautów,
- współpraca z międzynarodowymi partnerami.

W poniższych rozdziałach przedstawiono wybrane przydziały naziemne astronautów.

9.1 Testowanie sprzętu i pomoc w opracowywaniu nowych rozwiązań inżynierskich

Ze względu na bardzo obszerne przeszkolenie i doświadczenie zdobyte na orbicie astronauta, którzy powrócili z misji a nie zostali przypisani do następnej zwykle zajmują się testowaniem sprzętu. Agencje kosmiczne dzięki ich sugestiom i ekspertyzie są w stanie jeszcze lepiej przygotowywać kolejne przedsięwzięcia. Wśród typowych zadań podczas należących do astronautów można wymienić:

- testowanie nowych narzędzi wykorzystywanych podczas spacerów kosmicznych,
- testowanie łazików i pojazdów do wykorzystania na innych planetach,
- prace przy tworzeniu i testowaniu nowych skafandrów kosmicznych zarówno do zastosowań IVA jak i EVA,
- uczestnictwo przy opracowywaniu poprawek i ulepszeń do modułów międzynarodowej stacji kosmicznej,
- testowanie nowych systemów, trenażerów i symulatorów.

Przykładem tego ostatniego może być kanadyjski astronauta Jeremy Hansen, który będąc z zawodu pilotem samolotu CF-18 przeszedł kolejne intensywne szkolenie lotnicze w Flight Research Laboratory, NRC, Kanada. Gdzie nauczył się pilotować zmodyfikowaną wersję śmigłowca Bell 205 przekształconą w symulator lądownika Księżycowego. Rozwój tego rozwiązania pozwoli na wykorzystanie maszyny w szkoleniu przyszłych astronautów, których zadaniem będzie powrót na Księżyc czy lądowanie na Marsie [CSA18].

W Polsce jest wiele organizacji tj. Instytut Technologii Wojsk Lotniczych (ITWL) prowadzących badania nad nowatorskimi rozwiązaniami lotniczymi. W ramach zacieśnienia współpracy z agencjami kosmicznymi ośrodek ten mógłby stanowić podstawowe miejsce testowania nowych rozwiązań oraz opracowywania innowacyjnych systemów symulujących lądowanie na Księżycu lub Marsie jak również poruszanie się i nawigację w terenie pozaziemskim.

9.2 Praca w symulatorach w przypadku problemów na orbicie

Rozwiązywanie sytuacji awaryjnych na orbicie wymagają wielu prób w symulatorach. Podczas misji Apollo 13 członkowie załogi zapasowej (ang. *backup crew*) uczestniczyli w wielogodzinnych próbach optymalizacji wykorzystania systemów statku Command and Service Module jak również Lunar Module. W trakcie testowania systemów wykonywano próbę selekcji i wyłączania urządzeń poza tymi, które były absolutnie niezbędne do prawidłowego funkcjonowania pojazdu. Dzięki symulacjom udało się ograniczyć zużycie energii elektrycznej i zostawić rezerwę aby system uwalniania spadochronów lądowania mógł zadziałać sprawnie sprowadzając astronautów bezpiecznie do oceanu na Ziemi.

Konstrukcja symulatorów pozwoli również na zagospodarowanie tematu rozwiązywania problemów na orbicie. Astronaucci stacjonujący w Polsce mogliby prowadzić symulacje wpływające na bezpieczeństwo misji jak również symulujące różne alternatywne ścieżki wykonania procedur operacyjnych celem wybrania najbardziej optymalnego rozwiązania.

9.3 Praca jako Capsule Communicator (CAPCOM)

Obszerą część zadań astronauty na Ziemi stanowi praca jako kontroler misji komunikujący się z załogą (ang. *CAPCOM - Capsule Communicator*). To stanowisko w ramach kontroli misji (ang. *MCC - Mission Control Center*) jest zarezerwowane dla jedynej osoby prowadzącej korespondencję z astronautami na orbicie. Instytucję CAPCOM wprowadzono aby ograniczyć chaos komunikacyjny i ilość sprzecznych informacji, które docierają do załogi. Tradycyjnie od czasów programu Mercury w strukturach kontroli misji tę rolę pełni jedynie astronauta, gdyż "tylko astronauta posiadający takie samo przeszkolenie i doświadczenie jest w stanie najlepiej komunikować w sytuacji kryzysowej" [Wol79].

Przykładem dobrej komunikacji i efektywnego wykorzystania doświadczenia załogi może być praca astronautów Europejskiej Agencji Kosmicznej podczas EVA, które odbyło się w styczniu 2017 roku. Podczas tego wydarzenia

astronauta Luca Parmitano wspierał Thomasa Pesqueta w wypełnieniu zadań, a dzięki temu udało się osiągnąć wszystkie założone cele dla tego EVA na dużo przed czasem.

Uczestnictwo w roli CAPCOM wymaga stałego kontaktu z załogą w kosmosie. Jednakże aby przygotować astronautów do specyficznego języka, skrótów myślowych i akronimów używanych przy lotach załogowych można wykorzystać infrastrukturę obecnie istniejącą w kraju.

9.4 Misje analogowe

Misje analogowe, właściwie analogiczne (ang. *analogous*) starają się jak najwierniej odzwierciedlić specyfikę problemu pracy na orbicie lub powierzchni innego ciała niebieskiego wykorzystując zasoby i tereny dostępne na Ziemi. Wykorzystanie charakterystycznego środowiska pozwala na przygotowanie nowych sposobów pracy na powierzchni przy planowaniu przyszłych misji. Jednymi z najbardziej popularnych miejsc prowadzenia badań oraz szkoleń astronautów są pustynie skaliste lub zbocza wulkanów imitujące powierzchnię Marsa, wnętrza jaskiń, tunele lawy oraz bazy podwodne [One17], [Pre17], [And15].

Misja Europejskiej Agencji Kosmicznej CAVES służy astronautom oraz obsłudze w nauce eksploracji trudno dostępnych miejsc. Ponadto przyczynia się do zrozumienia konieczności pracy w grupie, zacieśnia relacje w zespole oraz uczy geologii i mikrobiologii. Członkowie wyprawy do jaskiń Sardynii eksplorują trójwymiarowe struktury korytarzy i odkrywają nowe gatunki mikroorganizmów zamieszkujące te miejsca [Pre17].

Kolejnym przykładem misji analogowej Europejskiej Agencji Kosmicznej jest cykl wypraw "Pangaea", która składa się z dwóch części: jednej na wyspie Lanzarote w archipelagu wysp Kanaryjskich oraz drugiej w pobliżu Bressanone we Włoszech. Pierwsze miejsce zostało wybrane ze względu na możliwość prowadzenia badań z zakresu geologii planetarnej na terenie przypominającym pustkowia Marsa [One17]. Miejsce we Włoszech wybrano w celu prowadzenia analizy geologicznej i geomorfologicznej jak również poszukiwania śladów życia i pobranych próbkach [Pre17].

Misje NEEMO w habitacie podwodnym Aquarius są projektem amerykańskiej agencji kosmicznej NASA. Poza obywatelami stanów zjednoczonych w misjach także uczestniczą astronauty z Europy, Kanady, Japonii i Rosji. Program NEEMO ma za zadanie zapoznać astronautów z problemami pobytu w długotrwałej izolacji, specyfiką pracy w trudnych warunkach na dnie oceanu oraz terminowym przestrzeganiem procedur [And15].

Polska posiada unikalną infrastrukturę w postaci habitatu, pozwalającą na odtworzenie warunków izolacji i prowadzenie badań nad dynamiką zespołu jak również optymalizacją procedur operacyjnych.

9.5 Popularyzacja nauki i obszaru S.T.E.M.

Astronauty są rozpoznawalnymi osobami publicznymi, które najsilniej reprezentują agencje kosmiczne i z tego powodu stają się ich ambasadorami. Jednym z najważniejszych i zajmujących najwięcej czasu zadań astronautów podczas pobytu na Ziemi jest popularyzacja nauki w ramach obszaru S.T.E.M. (Science, Technology, Engineering, Mathematics - ang. Nauka, Technologia, Inżynieria, Matematyka). Członkowie misji przemawiają publicznie na konferencjach, podczas pikników technologicznych oraz w szkołach zwiększając świadomość wykorzystywania rzeczy opracowanych dla przemysłu kosmicznego, które znalazły zastosowanie na co dzień. Ponadto do ich zadań należy również uzasadnianie wysokich wydatków agencji kosmicznych na projekty badania i rozwoju [Mas16].

Zakończenie

Polecieliśmy w kosmos, tylko po to by docenić to co mamy na Ziemi.

—Miroslaw Hermaszewski, Ciężar Nieważkości [Her13]

Celem niniejszej pracy była analiza procesu selekcji, przygotowania do misji oraz treningu EVA w wybranych agencjach kosmicznych w celu zaproponowania Polskiego Programu Astronautycznego. W ramach pracy został przedstawiony proces, który jest wdrożony w agencjach NASA, ESA, CSA, Roscosmos, JAXA i CNSA wraz z analizą infrastruktury szkoleniowej i stworzona propozycja programu, oszacowanie budżetu oraz zakresu zasobów koniecznych do realizacji przedsięwzięcia.

Niniejsza praca poprzez analizę procesu selekcji, programów szkolenia oraz infrastruktury treningowej podjęła próbę wykazania, iż:

- Polska jest w stanie stworzyć infrastrukturę szkoleniową i uczestniczyć w programie astronautycznym,
- stworzenie programu szkolenia i jego wdrożenie pozwoli na obniżenie kosztów posiadania polskiego astronauty,
- bogata i unikalna infrastruktura w Polsce pozwala na obniżenie kosztów i optymalizację procesu szkolenia europejskich astronautów,
- Polska zyska na stworzeniu programu oraz posiadaniu astronauty.

Na podstawie wymienionych w pracy faktów zasadne jest twierdzić, że Polska ma możliwość stworzenia programu astronautycznego. Uczestnictwo Polski w procesie treningu astronautów pozwoli na obniżenie kosztu partycypacji w programie załogowych lotów kosmicznych a to spowoduje korzystniejsze warunki stworzenia polskiego astronauty.

Polska posiada bogatą i unikalną infrastrukturę, która nie tylko będzie w stanie przyjąć część obecnego programu, ale również wieść prym w nowatorskich i innowacyjnych szkoleniach do misji Księżycowych i Marsjańskich. Dzięki wykorzystaniu już istniejących zasobów jest możliwość obniżenia kosztów i optymalizacji procesu szkolenia europejskich astronautów.

Polska jako kraj zyska na stworzeniu programu nie tylko przez możliwość wysłania kolejnego Polaka w kosmos, ale również stanie się liczącym w świecie partnerem w kontekście załogowych lotów kosmicznych. Ponadto kraj rozwine infrastrukturę szkolno-badawczą, a to wpłynie pozytywnie na rozwój nauki, technologii i inżynierii w Polsce.

11.1 Charter of the European Astronaut Corps

11.1.1 Our Vision

Shaping and Sharing Human Space Exploration

Through

Unity in Diversity

11.1.2 Our Mission

We Shape Space by bringing our European values to the preparation, support, and operation of the space flights that advance peaceful human exploration.

We Share Space with the people of Europe by communicating our vision, goals, experiences, and the results of our missions.

11.1.3 Our Values

- **Sapientia:** We believe that Human Space Exploration is a wise choice by and for humankind. Sapientia reflects our commitment to pursue our goals for the advancement of humanity.
- **Populus:** We put people first, in two ways: First, the purpose of our mission is to contribute to a better future for people on Earth. Second: Populus serves as a reflection of our respect for the people with whom we work: that we value their opinions, praise their work and compliment them for their support.
- **Audacia:** We acknowledge that Spaceflight is a dangerous endeavour. While accepting the risks inherently involved in space travel we work to minimise these risks whenever we can. Audacia reminds us that the rewards will be unparalleled if we succeed.
- **Cultura:** We continue the exploration started by our ancestors. Conscious of our history and traditions, we expand exploration into space, passing on our cultural heritage to future generations.
- **Exploratio:** We value exploration as an opportunity to discover, to learn and, ultimately, to grow. We are convinced that humankind must embrace the challenge of peaceful human space exploration. We, the European Astronauts, are willing to take the next step.

11.1.4 Signature

Cologne, this fifteenth day of August two thousand one anno domini

Informacja: Źródło: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/European_Astronaut_Selection/European_astronaut_charter

11.2 Lista kosmonautów Roscosmos

Tab. 11.1: Lista kosmonautów Roscosmos

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba EVA	Łączna długość EVA lotów	Łączna długość lotów	Status
	Anatoli Demyanenko	1942	0	0		Zmarł
Energia Engineer Group 1	Sergei Nikolayevich Anokhin	1910-03-19	0	0		Zmarł
Air Force Group 2 Supplemental	Georgi Timofeyevich Beregovoi	1921-04-15	0	1	3d 22h 50m 45s	Zmarł
Voskhod Group	Vladimir Nikolaevich Benderov	1924-08-04	0	0		Zmarł
Air Force Group 1	Pavel Ivanovich Belyayev	1925-06-26	0	1	1d 2h 2m 17s	Zmarł
Air Force Group 2	Lev Stepanovich Dyomin	1926-01-11	0	1	2d 12m 11s	Zmarł
Voskhod Group	Konstantin Petrovich Feoktistov	1926-02-07	0	1	1d 17m 3s	Zmarł
Voskhod Group	Georgi Petrovich Katys	1926-08-31	0	0		Stan spoczynku
Journalist Group	Yuri Aleksandrovich Letunov	1926-10-26	0	0		Zmarł
Air Force Group 1	Vladimir Mikhailovich Komarov	1927-03-16	0	2	2d 3h 4m 55s	Zmarł
Air Force Group 2	Aleksandr Nikolayevich Matinchenko	1927-09-04	0	0		Zmarł
Air Force Group 2	Vladimir Aleksandrovich Shatalov	1927-12-08	0	3	9d 21h 57m 30s	Stan spoczynku
Voskhod Group	Vasily G. Lazarev	1928-02-23	0	2	1d 23h 36m 59s	Zmarł
Air Force Group 2	Anatoli Vassilyevich Filipchenko	1928-02-26	0	2	10d 21h 3m 58s	Stan spoczynku
Air Force Group 2	Georgi Timofeyevich Dobrovolsky	1928-06-01	0	1	23d 18h 21m 43s	Zmarł
Academy of Sciences Group	Valentin Gavriyilovich Yershov	1928-06-21	0	0		Zmarł
Air Force Group 1	Andrian Grigoryevich Nikolayev	1929-09-05	0	2	21d 15h 20m 55s	Zmarł
Air Force Group 1	Valentin Ignatyevich Filatyev	1930-01-21	0	0		Zmarł
Air Force Group 2	Anatoli Fyodorovich Voronov	1930-06-11	0	0		Zmarł
Air Force Group 2	Yuri Petrovich Artyukhin	1930-06-22	0	1	15d 17h 30m 28s	Zmarł

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów			Długość lotów	Status
			EVA	EVA	lotów		
Energia Engineer Group 2	Valeri Aleksandrovich Yazdovsky	1930-07-08	0		0		Zmarł
Air Force Group 3	Boris Nikolayevich Belousov	1930-07-24	0		0		Zmarł
Air Force Group 2	Pyotr Ivanovich Kolodin	1930-09-23	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 1	Pavel Romanovich Popovich	1930-10-05	0		2	18d 16h 27m 28s	Zmarł
Air Force Group 2	Lev Vasilyevich Vorobyov	1931-02-24	0		0		Zmarł
Air Force Group 2	Alexy Aleksandrovich Gubarev	1931-03-29	0		2	37d 11h 35m 45s	Zmarł
Voskhod Group	Alexei Vasilyevich Sorokin	1931-03-30	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 1	Georgi M. Grechko	1931-05-25	1	1h 28m	3	134d 20h 32m 58s	Zmarł
Journalist Group	Mikhail Fedorovich Rebrov	1931-07-03	0		0		Zmarł
Air Force Group 2	Anatoli Petrovich Kuklin	1932-01-03	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 3	Yuri Anatoyevich Ponomaryov	1932-03-24	0		0		Zmarł
Air Force Group 3	Vladimir Aleksandrovich Degtyarov	1932-04-09	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 4	Nikolai Stepanovich Porvatkin	1932-04-15	0		0		Zmarł
Air Force Group 1	Dmitri Alekseyevich Zaitkin	1932-04-29	0		0		Zmarł
Journalist Group	Yaroslav Krillovich Golovanov	1932-06-02	0		0		Zmarł
Air Force Group 1	Anatoli Yakovlevich Kartashov	1932-08-25	0		0		Zmarł
Air Force Group 4	Mikhail Nikolayevich Burdayev	1932-08-27	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 1 Supplemental	Nikolai N. Rukavishnikov	1932-09-18	0		3	9d 21h 10m 35s	Zmarł
IMBP Group 1	Lev Nikolayevich Smirenny	1932-10-25	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 1	Oleg G. Makarov	1933-01-06	0		4	20d 17h 43m 39s	Zmarł
Energia Engineer Group 1	Vladimir Yevgrafevich Bugrov	1933-01-18	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 2	Viktor I. Patsayev	1933-06-19	0		1	23d 18h 21m 43s	Zmarł
Air Force Group 4	Vladimir Borisovich Alekseyev	1933-08-19	0		0		Zmarł
Air Force Group 1	Yevgeni Vassilyevich Khrunov	1933-09-10	1	53m	1	1d 23h 45m 50s	Zmarł
Female Group 1	Valentina Leonidovna Ponomaryova	1933-09-18	0		0		Stan spoczynku

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów		Długość lotów	Status	
			EVA	EVA lotów			
Air Force Group 1	Mars Zakirovich Rafikov	1933-09-30	0	0		Zmarł	
Air Force Group 1	Yuri Alekseyevich Gagarin	1934-03-09	0	1	1h 48m	Zmarł	
Air Force Group 1	Grigori Grigoyevich Nelyubov	1934-03-31	0	0		Zmarł	
Air Force Group 1	Alexi A. Leonov	1934-05-30	1	23m	2	7d 33m 8s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 1	Aleksei S. Yeliseyev	1934-07-13	1	53m	3	8d 22h 22m 33s	Stan spoczynku
Air Force Group 1	Valeri Fyodorovich Bykovsky	1934-08-02	0		3	20d 17h 49m 21s	Stan spoczynku
Air Force Group 1	Valentin Stepanovich Varlamov	1934-08-15	0		0		Zmarł
Academy of Sciences Group	Rudolf Gulyayev	1934-11-14	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 1	Viktor Vassilyevich Gorbato	1934-12-03	0		3	30d 12h 49m 22s	Zmarł
Air Force Group 1	Boris Valentinovich Volynov	1934-12-18	0		2	52d 7h 17m 47s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 1	Valeri N. Kubasov	1935-01-07	0		3	18d 17h 59m 22s	Zmarł
Energia Engineer Group 4	Vladimir V. Aksyonov	1935-02-01	0		2	11d 20h 11m 47s	Stan spoczynku
Voskhod Physician Group	Aleksandr Alekseyevich Kiselyov	1935-06-13	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 2	Eduard Pavlovich Kugno	1935-06-27	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 1 Supplemental	Vitali I. Sevastyanov	1935-07-08	0		2	80d 16h 19m 3s	Zmarł
Air Force Group 1	Georgi Stepanovich Shonin	1935-08-03	0		1	4d 22h 42m 47s	Zmarł
Air Force Group 3	Mikhail Ivanovich Lisun	1935-09-05	0		0		Zmarł
Air Force Group 1	Gherman Stepanovich Titov	1935-09-11	0		1	1d 1h 18m	Zmarł
Energia Engineer Group 1	Gennadi Aleksandrovich Dogopolov	1935-11-14	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 1	Vladislav N. Volkov	1935-11-23	0		2	28d 17h 2m 6s	Zmarł
Air Force Group 2	Eduard Ivanovich Buinovski	1936-02-26	0		0		Stan spoczynku
IMBP Group 4	Yuri Nikolayevich Stepanov	1936-09-27	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 3	Gennadi Mikhailovich Kolesnikov	1936-10-07	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 4	Sergei Nikolayevich Gadukov	1936-10-31	0		0		Zmarł
Air Force Group 4	Mikhail Vladimirovich Sologub	1936-11-06	0		0		Zmarł

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów			Długość lotów	Status
			EVA	EVA	lotów		
Air Force Group 1	Valentin Vasilyevich Bondarenko	1937-02-16	0		0		Zmarł
Voskhod Physician Group	Yuri Aleksandrovich Senkevich	1937-03-04	0		0		Zmarł
Female Group 1	Valentina V. Tereshkova	1937-03-06	0		1	2d 22h 51m	Stan spoczynku
Buran Group	Igor P. Volk	1937-04-12	0		1	11d 19h 14m 36s	Zmarł
Air Force Group 3	Eduard Nikolayevich Stepanov	1937-04-17	0		0		Zmarł
Air Force Group 2	Vladislav Ivanovich Gulyayev	1937-05-31	0		0		Zmarł
Voskhod Physician Group	Yevgeni Aleksandrovich Illyin	1937-08-17	0		0		Stan spoczynku
Female Group 1	Irina Bayanovna Solovyova	1937-09-06	0		0		Stan spoczynku
IMBP Group 1	Georgi Vladimirovich Machinski	1937-10-11	0		0		Stan spoczynku
Voskhod Group	Boris B. Yegorov	1937-11-26	0		1	1d 17m 3s	Zmarł
Voskhod Group	Boris Ivanovich Polyakov	1938-05-10	0		0		Stan spoczynku
Buran Group	Oleg Grigoryevich Kononenko	1938-08-16	0		0		Zmarł
Academy of Sciences Group	Ordinard Panteleymovich Kolomitsev	1939-01-29	0		0		Zmarł
Air Force Group 3	Vladimir Yevgenyevich Preobrazhensky	1939-02-03	0		0		Zmarł
Air Force Group 3	Valeri I. Rozhdestvensky	1939-02-13	0		1	2d 6m 35s	Zmarł
Almaz Engineer Group 3	Alexi Anatolyevich Grechanik	1939-03-25	0		0		Stan spoczynku
Female Group 1	Zhanna Dmitriyevna Yerkina	1939-05-06	0		0		Zmarł
Academy of Sciences Group	Mars Nurgaliyevich Fathulin	1939-05-14	0		0		Zmarł
Air Force Group 3	Ansar Ilgamovich Sharafutdinov	1939-06-26	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 5	Valeri Vasilyevich Illarianov	1939-07-02	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 4	Valeri V. Ryumin	1939-08-16	1	1h 23m	4	371d 17h 25m 51s	Stan spoczynku
Air Force Group 3	Yuri N. Glazkov	1939-10-02	0		1	17d 17h 27m	Zmarł
Air Force Group 4	Vladimir Mikhailovich Beloborodov	1939-10-26	0		0		Zmarł
Almaz Engineer Group 1	Valery Grigoryevich Markushin	1940-01-14	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 5	Viktor P. Savinykh	1940-03-07	1	5h	3	252d 17h 37m 50s	Stan spoczynku
Air Force Group 4	Vladimir Timofeyevich Isakov	1940-04-04	0		0		Stan spoczynku

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów		Długość lotów		Status
			EVA	EVA	lo-	tów	
Air Force Group 3	Vasily Dmitriyevich Shcheglov	1940-04-09	0		0		Zmarł
Air Force Group 3	Yevgeni Nikolayevich Khludeyev	1940-09-10	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 4	Aleksandr S. Ivanchenkov	1940-09-28	1	2h 20m	2	147d 12h 38m 24s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 3	Boris Dmitryyevich Andreyev	1940-10-06	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 4	Gennadi M. Strekalov	1940-10-28	6	21h 41m	5	268d 22h 25m 9s	Zmarł
Air Force Group 3	Oleg Anatolyevich Yakovlev	1940-12-31	0		0		Zmarł
Almaz Engineer Group 2	Dmitri Andreyevich Yuyukov	1941-02-26	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 3	Anatoli Pavlovich Fyodorov	1941-04-14	0		0		Zmarł
Buran Group	Anatoli S. Levchenko	1941-05-21	0		1	7d 21h 58m 12s	Zmarł
Female Group 1	Tatyana Dmitryevna Kuznetsova	1941-07-14	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 4	Vladimir A. Lyakhov	1941-07-20	3	7h 7m	3	333d 7h 48m 4s	Stan spoczynku
Air Force Group 3	Leonid D. Kizim	1941-08-05	8	1d 7h 40m	3	374d 17h 58m 12s	Zmarł
Air Force Group 4	Viktor Mikhailovich Pisarev	1941-08-15	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 4	Yuri V. Malyshev	1941-08-27	0		2	11d 20h 18s	Zmarł
Buran Group 1	Nail Sharipovich Sattarov	1941-12-23	0		0		Zmarł
Air Force Group 3	Gennadi V. Sarafanov	1942-01-01	0		1	2d 12m 11s	Zmarł
Air Force Group 3	Vyacheslav D. Zudov	1942-01-08	0		1	2d 6m 35s	Stan spoczynku
Air Force Group 3	Aleksandr Yakovlevich Petrushenko	1942-01-10	0		0		Zmarł
Air Force Group 4	Vladimir Sergeyevich Kozelsky	1942-01-12	0		0		Stan spoczynku
Buran Group 1	Ivan Ivanovich Bachurin	1942-01-23	0		0		Zmarł
Air Force Group 4	Vladimir V. Kovalyonok	1942-03-03	1	2h 20m	3	216d 9h 9m 40s	Stan spoczynku
Air Force Group 5	Anatoli Nikolayevich Berezovoi	1942-04-11	1	2h 33m	1	211d 9h 4m 31s	Zmarł
Energia Engineer Group 3	Valentin V. Lebedev	1942-04-14	1	2h 33m	2	219d 6h 6s	Stan spoczynku
Air Force Group 3	Valeri Abramovich Voloshin	1942-04-24	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 3	Vitali Andreyevich Grishchenko	1942-04-26	0		0		Zmarł

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów		Liczba lotów	Długość lotów		Status
			EVA	EVA		h	m	
IMBP Group 1	Valeri V. Polyakov	1942-04-27	0		2	678d	16h 33m 18s	Stan spoczynku
Air Force Group 5	Vladimir A. Dzhanibekov	1942-05-13	2	8h 34m	5	145d	15h 58m 35s	Stan spoczynku
Air Force Group 3	Aleksandr Aleksandrovich Skvortsov, Sr.	1942-06-08	0		0			Aktywny
Air Force Group 3	Pyotr I. Klimuk	1942-07-10	0		3	78d	18h 18m 42s	Stan spoczynku
Air Force Group 3	Aleksandr Yakovlevich Kramarenko	1942-11-08	0		0			Zmarł
Energia Engineer Group 5	Aleksandr Pavlovich Aleksandrov	1943-02-20	2	5h 44m	2	309d	18h 2m 58s	Stan spoczynku
Air Force Group 5	Yuri Fedorovich Isaulov	1943-08-13	0		0			Stan spoczynku
Buran Group 1	Aleksandr Mikhailovich Sokovykh	1944-01-12	0		0			Stan spoczynku
Energia Engineer Group 5	Aleksandr A. Serebrov	1944-02-15	10	1d 7h 49m	4	372d	22h 53m 49s	Zmarł
Buran Group 1	Vladimir Yemeliyanovich Mosolov	1944-02-22	0		0			Stan spoczynku
Buran Group 1	Viktor Martynovich Chirkin	1944-07-13	0		0			Stan spoczynku
Air Force Group 5	Anatoli Ivanovich Dedkov	1944-07-27	0		0			Zmarł
Air Force Group 5	Yuri V. Romanenko	1944-08-01	4	10h 16m	3	430d	18h 21m 30s	Stan spoczynku
Air Force Group 5	Vladimir Ivanovich Kozlov	1945-02-10	0		0			Zmarł
Air Force Group 5	Nikolai Nikolayevich Fefelov	1945-05-20	0		0			Stan spoczynku
Air Force Group 5	Leonid I. Popov	1945-08-31	0		3	200d	14h 45m 51s	Stan spoczynku
IMBP Group 2	Gherman Semyonovich Arzamazov	1946-03-09	0		0			Stan spoczynku
MAP Group 3	Viktor Viktorovich Zabolotski	1946-04-19	0		0			Stan spoczynku
Almaz Engineer Group 3	Valeri Alexandrovich Romanov	1946-08-18	0		0			Zmarł
Energia Engineer Group 5	Vladimir A. Solovyov	1946-11-11	8	1d 7h 40m	2	361d	22h 50m 30s	Stan spoczynku
Air Force Group 6	Vladimir G. Titov	1947-01-01	4	18h 48m	4	387d	45m 50s	Stan spoczynku
Air Force Group 6	Sergei Filipovich Protchenko	1947-01-03	0		0			Stan spoczynku
Almaz Engineer Group 3	Vladimir Alexandrovich Khatulev	1947-02-26	0		0			Stan spoczynku
Female Group 2	Larisa Grigoryevna Pozharskaya	1947-03-15	0		0			Zmarł
Air Force Group 7	Aleksandr S. Viktorenko	1947-03-29	6	19h 39m	4	489d	1h 35m 17s	Stan spoczynku

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów			Długość lotów	Status
			EVA	EVA	lotów		
MAP Group 4	Yuri Petrovich Sheffer	1947-06-30	0		0		Zmarł
Journalist Group	Aleksandr Stepanovich Andryushkov	1947-10-06	0		0		Zmarł
Female Group 2	Yelena Ivanova Dobrokvashina	1947-10-08	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 14 Supplemental	Vladimir Steklov	1948-01-03	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 6	Anatoliy Y. Solovyov	1948-01-16	16	3d 6h 48m	5	651d 3m 28s	Stan spoczynku
Air Force Group 6	Aleksandr Aleksandrovich Volkov	1948-05-27	2	10h 12m	3	391d 11h 52m 16s	Stan spoczynku
Female Group 2	Svetlana Y. Savitskaya	1948-08-08	1	3h 34m	2	19d 17h 7m	Stan spoczynku
Buran Group 3 Supplemental	Aleksandr Sergeevich Puchkov	1948-10-15	0		0		Stan spoczynku
Journalist Group	Valeri Vasiliyevich Baberdin	1948-10-28	0		0		Zmarł
MAP Group 2	Ural Nazibovich Sultanov	1948-11-18	0		0		Stan spoczynku
Buran Group 2	Viktor M. Afanasyev	1948-12-31	7	1d 14h 33m	4	555d 18h 33m 52s	Stan spoczynku
Air Force Group 6	Nikolai Tikhonovich Moskalenko	1949-01-01	0		0		Zmarł
Cardiologist Group	Oleg Yuryevich Atkov	1949-05-09	0		1	236d 22h 49m 34s	Stan spoczynku
Air Force Group 12 Supplemental	Yuri Michaylovich Baturin	1949-06-12	0		2	19d 17h 45m 41s	Stan spoczynku
Female Group 2	Yekaterina Aleksandrovna Ivanova	1949-10-03	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 6	Yevgeni Vladimirovich Saley	1950-01-01	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 7	Nikolai Sergeivich Grekov	1950-02-15	0		0		Stan spoczynku
Buran Group 2	Gennadi M. Manakov	1950-06-01	3	12h 43m	2	309d 21h 19m 36s	Stan spoczynku
Air Force Group 6	Leonid Georgiyevich Ivanov	1950-06-25	0		0		Zmarł
Buran Group 3 Supplemental	Valery Yevgenyevich Maksimenko	1950-07-16	0		0		Stan spoczynku
IMBP Group 5	Boris Vladimirovich Morukov	1950-10-01	0		1	11d 19h 12m 14s	Zmarł
MAP Group 2	Maghomed Omarovich Tolboyev	1951-01-20	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 7	Sergei Aleksandrovich Yemelyanov	1951-03-03	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 5	Musa K. Manarov	1951-03-22	7	1d 10h 32m	2	541d 29m 38s	Stan spoczynku

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów			Długość lotów	Status
			EVA	EVA	lo-tów		
Energia Engineer Group 5	Aleksandr I. Laveykin	1951-04-21	3	8h 48m	1	174d 3h 25m 56s	Stan spoczynku
Journalist Group	Svetlana Oktyabrewna Omelchenko	1951-08-20	0		0		Stan spoczynku
IMBP Group 2	Mikhail Georgiyevich Potapov	1951-10-28	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 6	Vladimir V. Vasyutin	1952-03-08	0		1	64d 21h 52m 8s	Zmarł
Female Group 2	Tamara Sergeyevna Zakharova	1952-04-22	0		0		Stan spoczynku
Almaz Engineer Group 3	Vladimir Mkrtychovich Gevorkyan	1952-05-28	0		0		Zmarł
Buran Group 3 Supplemental	Nikolay Alekseyevich Pushenko	1952-08-10	0		0		Stan spoczynku
Buran Group 3	Valery Ivanovich Tokarev	1952-10-29	2	11h 5m	2	199d 15h 5m 32s	Stan spoczynku
IMBP Group 2	Aleksandr Viktorovich Borodin	1953-03-03	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 8	Valeri G. Korzun	1953-03-05	4	22h 22m	2	381d 15h 40m 36s	Stan spoczynku
Female Group 2	Irina Rudolfovna Prokina	1953-04-14	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 10	Nikolai Mikhailovich Budarin	1953-04-29	9	1d 22h 1m	3	444d 1h 26m 1s	Stan spoczynku
Female Group 2	Irina Dmitrievna Latsheva	1953-07-09	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 5	Aleksandr Nikolayevich Balandin	1953-07-30	2	10h 47m	1	179d 1h 17m 57s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 11	Pavel V. Vinogradov	1953-08-31	6	1d 7h 47m	3	546d 22h 32m 33s	Aktywny
Female Group 2	Olga Nikolayevna Klyushnikova	1953-10-14	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 10	Aleksandr F. Poleshchuk	1953-10-30	2	9h 58m	1	179d 43m 45s	Stan spoczynku
MAP Group 5	Yuri Victorovich Prikhodko	1953-11-15	0		0		Zmarł
Journalist Group	Valeri Yuriyevich Sharov	1953-12-26	0		0		Zmarł
Khrunichev Engineer Group	Sergey Ivanovich Moshchenko	1954-01-17	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 8	Vasili V. Tsibliyev	1954-02-20	6	19h 12m	2	381d 15h 53m 2s	Stan spoczynku
MAP Group 4	Sergei Nikolayevich Tressvyatski	1954-05-06	0		0		Stan spoczynku
Female Group 2	Galina Vasilyevna Amelkina	1954-05-20	0		0		Zmarł
Buran Group 3	Aleksandr Nikolaevich Yablontsev	1955-04-03	0		0		Zmarł

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów		Długość lotów		Status
			EVA	EVA lotów	EVA	lotów	
Energia Engineer Group 9	Sergei Vasilyevich Avdeyev	1956-01-01	10	1d 17h 59m	3	747d 14h 14m 9s	Stan spoczynku
Buran Group 3	Anatoly Borisovich Polonski	1956-01-01	0		0		Stan spoczynku
Female Group 2	Natalya Dmitriyevna Kuleshova	1956-03-11	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 7	Aleksandr Y. Kaleri	1956-05-13	5	23h 26m	5	769d 6h 35m 23s	Aktywny
Energia Engineer Group 15	Sergei Aleksandrovich Zhukov	1956-09-08	0		0		Stan spoczynku
Buran Group 2	Anatoli Pavlovich Artsebarsky	1956-09-09	6	1d 8h 17m	1	144d 15h 21m 50s	Stan spoczynku
Zvezda Engineer Group	Vladimir Gayevich Severin	1956-11-20	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 10	Yelena V. Kondakova	1957-03-30	0		2	178d 10h 41m 31s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 8	Andrei Yevgenyevich Zaitsev	1957-08-05	0		0		Zmarł
Energia Engineer Group 10	Yuri V. Usachyov	1957-10-09	7	1d 6h 49m	4	552d 20h 24m 34s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 11	Aleksandr I. Lazutkin	1957-10-30	0		1	184d 22h 7m 40s	Stan spoczynku
Air Force Group 11	Sergei Yuriyevich Vozovikov	1958-04-17	0		0		Zmarł
Air Force Group 10	Gennadi I. Padalka	1958-06-21	10	1d 15h 1m	5	878d 11h 30m 12s	Aktywny
Energia Engineer Group 11	Sergei Ye Treschev	1958-08-17	1	5h 21m	1	184d 22h 14m 23s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 8	Sergei K. Krikalyov	1958-08-27	8	1d 11h 29m	6	803d 9h 38m 53s	Stan spoczynku
IMBP Group 5	Vasili Yuryevich Lukyanyuk	1958-09-22	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 14	Fyodor Nikolayevich Yurchikhin	1959-01-03	9	2d 11h 29m	5	673d 8h 38m 50s	Aktywny
Energia Engineer Group 12	Mikhail V. Tyurin	1960-02-03	5	1d 1h 32m	3	532d 2h 51m 59s	Aktywny
Air Force Group 12 Supplemental	Yuri Georgiyevich Shargin	1960-03-20	0		1	9d 21h 28m 41s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 14 Supplemental	Mikhail Borisovich Korniyenko	1960-04-15	2	12h 14m	2	516d 10h 1m 41s	Aktywny
Air Force Group 10	Yuri I. Onufrienko	1961-02-06	8	1d 18h 32m	2	389d 14h 45m 48s	Stan spoczynku

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów		Długość lotów	Status
			EVA	EVA		
Air Force Group 8	Yuri I. Malenchenko	1961-12-22	6	1d 11h 16m	6 827d 9h 24m 53s	Stan spoczynku
Air Force Group 8	Yuri P. Gidzenko	1962-03-26	2	3h 35m	3 329d 22h 45m 58s	Stan spoczynku
Air Force Group 11	Sergy V. Zalyotin	1962-04-21	1	4h 52m	2 83d 16h 35m 25s	Stan spoczynku
Air Force Group 8	Vladimir N. Dezhurov	1962-07-30	9	1d 13h 36m	2 244d 5h 27m 56s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 12	Nadezda Vasilyevna Kyzhelnaya	1962-11-06	0		0	Stan spoczynku
IMBP Group 5	Vladimir Vladimirovich Karashtin	1962-11-18	0		0	Zmarł
Energia Engineer Group 14 Supplemental	Sergei Kostenko	1963-04-20	0		0	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 15	Andrei Ivanovich Borisenko	1964-04-17	0		2 337d 8h 56m 10s	Aktywny
Air Force Group 12	Oleg Yuriyevich Moshkin	1964-04-23	0		0	Stan spoczynku
Air Force Group 11	Salizan S. Sharipov	1964-08-24	2	9h 58m	2 201d 14h 48m 53s	Stan spoczynku
Air Force Group 12	Yuri V. Lonchakov	1965-04-03	2	10h 26m	3 200d 18h 36m 46s	Stan spoczynku
Air Force Group 12	Aleksandr Aleksandrovich Skvortsov, Jr.	1965-06-05	2	12h 34m	2 345d 6h 24m 15s	Stan spoczynku
Air Force Group 11 Supplemental	Oleg Valeriyevich Kotov	1965-10-27	6	1d 12h 51m	3 526d 5h 2m 17s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 13	Sergey Nikolayevich Revin	1966-01-12	0		1 124d 23h 51m 37s	Aktywny
Journalist Group	Pavel Pavlovich Mukhortov	1966-03-11	0		0	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 13	Konstantin Mirovich Kozeyev	1967-01-12	0		1 9d 19h 59m 51s	Stan spoczynku
Air Force Group 13	Anotoli Akelseievich Ivanishin	1969-01-15	0		2 280d 9h 52m 16s	Aktywny
Energia Engineer Group 17	Andrei Nikolayevich Babkin	1969-04-21	0		0	Aktywny
Air Force Group 12	Dmitry Yuriyevich Kondratiyev	1969-05-26	2	10h 18m	1 159d 7h 17m 15s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 14	Oleg Ivanovich Skripochka	1969-12-24	3	16h 46m	2 331d 12h 29m 32s	Aktywny
Air Force Group 13	Aleksandr Mikhailovich Samokutyayev	1970-03-13	2	10h 1m	2 331d 11h 24m 17s	Aktywny
Energia Engineer Group 15	Oleg Germanovich Artemyev	1970-12-28	2	12h 34m	2 172d 5h 7m 41s	Aktywny
Air Force Group 12	Roman Yuriyevich Romanenko	1971-09-08	1	6h 38m	2 333d 11h 2s	Stan spoczynku
Air Force Group 14	Aleksei Nikolaevich Ovchinin	1971-09-28	0		1 172d 3h 46m 22s	Aktywny

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba lotów		Długość lotów	Status	
			EVA	EVA lotów			
Air Force Group 14	Oleg Viktorovich Novitskiy	1971-10-12	0		2	340d 10h 9m 36s	Aktywny
Air Force Group 12	Konstantin Anatolyevich Valkov	1971-11-11	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 13	Anton Nikolaevich Shkaplerov	1972-02-20	2	14h 28m	3	462d 10h 45m 19s	Aktywny
Air Force Group 12	Maksim Viktorovich Surayev	1972-05-24	2	9h 22m	2	334d 12h 10m 13s	Stan spoczynku
Energia Engineer Group 15	Mark Vyacheslavovich Serov	1974-05-23	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 14	Sergei Nikolaevich Ryzhikov	1974-08-19	0		1	173d 3h 14m 46s	Aktywny
IMBP Group 6	Sergei Nikolaevich Ryzazansky	1974-11-13	4	1d 3h 39m	2	304d 23h 21m 58s	Aktywny
Energia Engineer Group 15	Yevgeni Igorevich Tarelkin	1974-12-29	0		1	143d 16h 19m 49s	Stan spoczynku
Air Force Group 15	Alexei Mikhailovich Khomenchuk	1975-01-07	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 15	Sergei Valerevich Prokopyev	1975-02-19	0		0		Aktywny
Energia Engineer Group 14 Supplemental	Nataliya Gromushkina	1975-09-29	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 16	Elena Olegovna Serova	1976-04-22	0		1	167d 5h 42m 53s	Stan spoczynku
Air Force Group 14	Aleksandr Aleksandrovich Misurkin	1977-09-23	4	1d 4h 14m	2	334d 11h 28m 38s	Aktywny
Air Force Group 16	Pyotr Valerevich Dubrov	1978-01-30	0		0		Aktywny
Air Force Group 16	Oleg Vladimirovich Blinov	1978-08-17	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 14	Maksim Vladimirovich Ponomarev	1980-02-20	0		0		Stan spoczynku
Air Force Group 16	Andrei Valerevich Fedyaev	1981-02-26	0		0		Aktywny
Air Force Group 16	Ignat Nikolayevich Ignatov	1982-03-20	0		0		Stan spoczynku
Energia Engineer Group 16	Nikolai Vladimirovich Tikhonov	1982-05-23	0		0		Aktywny
Air Force Group 15	Denis Vladimirovich Matveyev	1983-04-25	0		0		Aktywny
Air Force Group 16	Dimitri Alexandrovich Petelin	1983-07-10	0		0		Aktywny
Air Force Group 16	Nikolai Alexandrovich Chub	1984-06-10	0		0		Aktywny
Air Force Group 16	Anna Yurevna Kikina	1984-08-27	0		0		Aktywny
Air Force Group 16	Sergei Vladimirovich Korsakov	1984-09-01	0		0		Aktywny

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.1 – kontynuacja poprzedniej strony

Nabór	Kosmonauta	Data urodzenia	Liczba godzin w służbie			Status
			EVA	EVA lotów	lotów	
Energia Engineer Group 18	Ivan Viktorovich Vagner	1985-07-10	0		0	Aktywny
Energia Engineer Group 18	Svyatoslav Andreivich Morozov	1985-08-22	0		0	Stan spoczynku

11.3 Lista astronautów NASA

Tab. 11.2: Lista aktywnych astronautów NASA [Whiting2018]

Nazwisko	Imię	Rok naboru	Grupa
Acaba	Joseph M.	2004	19
Arnold	Richard R.	2004	19
Aunon	Serena M.	2009	20
Barratt	Michael R.	2000	18
Behnken	Robert L.	2000	18
Boe	Eric A.	2000	18
Bowen	Stephen G.	2000	18
Bresnik	Randolph J.	2004	19
Burbank	Daniel C.	1996	16
Cassada	Josh A.	2013	21
Cassidy	Christopher J.	2004	19
Dyson	Tracy Caldwell	1998	17
Epps	Jeanette J.	2009	20
Feustel	Andrew J.	2000	18
Fincke	Michael E.	1996	16
Fischer	Jack D.	2009	20
Fossum	Michael E.	1998	17
Glover	Victor J.	2013	21
Hague	Tyler N.	2013	21
Hopkins	Michael S.	2009	20
Hurley	Douglas G.	2000	18
Kelly	Scott J.	1996	16
Kimbrough	Robert Shane	2004	19
Koch	Christina H.	2013	21
Kopra	Timothy L.	2000	18
Lindgren	Kjell N.	2009	20
Mann	Nicole Aunapu	2013	21
Marshburn	Thomas H.	2004	19
McArthur	Megan K.	2000	18
McClain	Anne C.	2013	21
Meir	Jessica U.	2013	21
Morgan	Andrew R.	2013	21
Nyberg	Karen L.	2000	18
Pettit	Donald R.	1996	16
Rubins	Kathleen (Kate)	2009	20
Tingle	Scott D.	2009	20
Vande Hei	Mark T.	2009	20
Virts	Terry W., Jr.	2000	18
Walheim	Rex J.	1996	16
Walker	Shannon	2004	19

Kontynuacja na następnej stronie

Tab. 11.2 – kontynuacja poprzedniej strony

Nazwisko	Imię	Rok naboru	Grupa
Wheelock	Douglas H.	1998	17
Wilson	Stephanie D.	1996	16
Whitson	Peggy A.	1996	16
Williams	Jeffrey N.	1996	16
Williams	Sunita L.	1998	17
Wilmore	Barry E.	2000	18
Wiseman	Reid G.	2009	20

11.4 Lista astronautów ESA

Tab. 11.3: Lista aktywnych astronautów ESA [European-Astronaut-Corps]

Astronauta	Narodowość	Rok naboru	Czas w kosmosie	Misje
Jean-François Clervoy	Francja	1992	28d 03h 05m	STS-66, STS-84, STS-103
Samantha Cristoforetti	Włochy	2009	199d 16h 43m	Soyuz TMA-15M, Expedition 42, Expedition 43
Léopold Eyharts	Francja	1998	68d 21h 31m	Soyuz TM-27, Soyuz TM-26, STS-122, Expedition 16, STS-123
Christer Fuglesang	Szwecja	1992	26d 17h 38m	STS-116, STS-128
Alexander Gerst	Niemcy	2009	165d 08h 01m	Soyuz TMA-13M Expedition 40, Expedition 41
André Kuipers	Holandia	1998	203d 15h 51m	Soyuz TMA-4, Soyuz TMA-3, Soyuz TMA-03M, Expedition 30, Expedition 31
Andreas Mogensen	Dania	2009	9d 20h 14m	Soyuz TMA-18M/Soyuz TMA-16M
Paolo A. Nespoli	Włochy	1998	174d 09h 40m	STS-120, Soyuz TMA-20, Expedition 26
Luca Parmitano	Włochy	2009	166d 6h 19m	Soyuz TMA-09M, Expedition 36, Expedition 37
Timothy Peake	Wielka Brytania	2009	186d	Soyuz TMA-19M (Expedition 46/47)
Thomas Pesquet	Francja	2009	164d	Soyuz MS-03 (Expedition 50/51)
Hans Schlegel	Niemcy	1998	22d 18h 02m	STS-55, STS-122
Roberto Vittori	Włochy	1998	35d 12h 26m	Soyuz TM-34, Soyuz TM-33, Soyuz TMA-6, Soyuz TMA-5, STS-134

11.5 Lista astronautów CSA

11.6 Lista astronautów JAXA

Tab. 11.4: Lista astronautów JAXA

Astronauta	Data selekcji	Status
Takao Doi	1985	Nieaktywny
Mamoru Mohri	1985	Nieaktywny
Chiaki Mukai	1985	Nieaktywny
Tohiro Akiyama	1989	Stan spoczynku
Ryoko Kikuchi	1989	Stan spoczynku
Koichi Wakata	1992	Aktywny
Soichi Noguchi	1996	Aktywny
Satoshi Furukawa	1999	Aktywny
Akihiko Hoshide	1999	Aktywny
Naoko Yamazaki	1999	Stan spoczynku
Takuya Onishi	2009	Aktywny
Kimiya Yui	2009	Aktywny
Norishige Kanai	2009	Aktywny

11.7 Lista taikonautów CNSA

Tab. 11.5: Lista astronautów CNSA

Selekcja	Data selekcji	Yuhangyuan
Group 0	1996-10	Q.Li
Group 0	1996-10	J.Wu
Group 1	1998-01	Q.Chen
Group 1	1998-01	Q.Deng
Group 1	1998-01	J.Fei
Group 1	1998-01	H.Jing
Group 1	1998-01	B.Liu
Group 1	1998-01	W.Liu
Group 1	1998-01	H.Nie
Group 1	1998-01	Z.Pan
Group 1	1998-01	L.Yang
Group 1	1998-01	Z.Zhai
Group 1	1998-01	X.Zhang
Group 1	1998-01	C.Zhao
Group 2	2010-03	X.Cai
Group 2	2010-03	D.Chen
Group 2	2010-03	Y.Liu
Group 2	2010-03	H.Tang
Group 2	2010-03	Y.Wang
Group 2	2010-03	G.Ye
Group 2	2010-03	L.Zhang

Gdzie szukać informacji?

Podpowiedź: Pobierz moją listę RSSów [data/astro-news.opml](#)

12.1 Źródła informacji

Tab. 12.1: Źródła informacji

Nazwa	URL
TMRO Weekly news	https://www.youtube.com/playlist?list=PLkyWSQYV0A5NjvhzEfrUJcxn4aOQF5Yuz
Spaceflight Insider	http://www.spaceflightinsider.com/
Space Daily	http://www.spacedaily.com/
Mars Daily	http://www.marsdaily.com/
Moon Daily	http://www.moondaily.com/
Analog Astronaut Training Center	https://www.astronaut.center
Polski Astronauta	http://www.astronauta.pl
ESA Human and Robotic Exploration	https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration
ESA - RSS	http://www.esa.int/
Space Lectures » Feed	https://space-lectures.com
Kosmonauta.net	https://kosmonauta.net

12.2 Książki

12.2.1 Biografie Astronautów

Tab. 12.2: Książki: Biografie Astronautów

Nazwa	URL
Mirosław Hermaszewski: Ciężar nieważkości	http://lubimyczytac.pl/ksiazka/65063/ciezar-niewazkosci-opowiesc-pilota-kosmonauty
Tom Wolfe: The Right Stuff	https://www.amazon.com/Right-Stuff-Tom-Wolfe/dp/0312427565/
Tim Peake: Ask an Astronaut - My Guide to Life in Space	https://www.audible.com/pd/Ask-an-Astronaut-Audiobook/B0769KQBSZ
Scott Kelly: Endurance: A Year in Space, a Lifetime of Discovery	https://www.audible.com/pd/Endurance-Audiobook/B06ZXR81R9
: № 34 -	https://www.youtube.com/watch?v=6U-J98wTeNE
Clayton Anderson: The Ordinary Spaceman: From Boyhood Dreams to Astronaut	https://www.audible.com/pd/The-Ordinary-Spaceman-Audiobook/B01AAXEW0A
Mike Massimino: Spaceman: An Astronaut's Unlikely Journey to Unlock the Secrets of the Universe	https://www.audible.com/pd/Spaceman-Audiobook/B01LZJWYUP
Scott Parazynski: The Sky Below - A True Story of Summits, Space, and Speed	https://www.audible.com/pd/The-Sky-Below-Audiobook/B0749T1HBC
Leland Melvin: Chasing Space - An Astronaut's Story of Grit, Grace, and Second Chances	https://www.audible.com/pd/Chasing-Space-Audiobook/B06XYF85PN
Donn Eisele: Apollo Pilot - The Memoir of Astronaut	https://www.audible.com/pd/Apollo-Pilot-Audiobook/B01N7OM200
Eugene Cernan: The Last Man On the Moon	https://www.audible.com/pd/The-Last-Man-On-the-Moon-Audiobook/B002VACH5S
Neil Armstrong: A Life of Flight	https://www.audible.com/pd/Neil-Armstrong-Audiobook/B00LAEQKJA
First Man: The Life of Neil A. Armstrong	https://www.audible.com/pd/First-Man-Audiobook/B002V8DHTU
Walter Cunningham: The All-American Boys	https://www.audible.com/pd/The-All-American-Boys-Audiobook/B009E7R9UO
Buzz Aldrin: Magnificent Desolation - The Long Journey Home from the Moon	https://www.audible.com/pd/Magnificent-Desolation-Audiobook/B002V5J14S
Chris Hadfield: An Astronaut's Guide to Life on Earth	https://www.audible.com/pd/An-Astronauts-Guide-to-Life-on-Earth-Audiobook/B00G6M387I

12.2.2 Książki: Inne

Tab. 12.3: Książki: Inne

Nazwa	URL
Gene Kranz: Failure is Not an Option	https://www.amazon.com/Failure-Not-Option-Mission-Control/dp/1439148813/
Carol Norberg: Human Space flight	https://www.amazon.com/Human-Spaceflight-Exploration-Springer-Praxis/dp/364223724X/
Red Moon Rising	https://www.audible.com/pd/Red-Moon-Rising-Audiobook/B002V57Y6A
Amazing Stories of the Space Age	https://www.audible.com/pd/Amazing-Stories-of-the-Space-Age-Audiobook/B0797K36Y8
The Astronaut Maker: How One Mysterious Engineer Ran Human Spaceflight for a Generation	https://www.audible.com/pd/The-Astronaut-Maker-Audiobook/1977376002
The Space Barons	https://www.audible.com/pd/The-Space-Barons-Audiobook/B07B9Q8YDB
Ignition! - An Informal History of Liquid Rocket Propellants	https://www.audible.com/pd/Ignition-Audiobook/B07CTTXLL6
How to Make a Spaceship - A Band of Renegades, an Epic Race, and the Birth of Private Spaceflight	https://www.audible.com/pd/How-to-Make-a-Spaceship-Audiobook/B01KIFV8BQ
Bold They Rise - The Space Shuttle Early Years, 1972-1986	https://www.audible.com/pd/Bold-They-Rise-Audiobook/B01N29MX6D
Apollo 8 - The Thrilling Story of the First Mission to the Moon	https://www.audible.com/pd/Apollo-8-Audiobook/B06Y5Q7YHS
Of a Fire on the Moon	https://www.audible.com/pd/Of-a-Fire-on-the-Moon-Audiobook/B01M6ZLIL3
Into the Black: The Extraordinary Untold Story of the First Flight of the Space Shuttle Columbia and the Astronauts Who Flew Her	https://www.audible.com/pd/Into-the-Black-Audiobook/B01DUV8W32
Wheels Stop: The Tragedies and Triumphs of the Space Shuttle Program, 1986-2011	https://www.audible.com/pd/Wheels-Stop-The-Tragedies-and-Triumphs-of-the-Space-Shuttle-Program-Audiobook/B01A5Z5YYQ
In the Shadow of the Moon - A Challenging Journey to Tranquility, 1965-1969	https://www.audible.com/pd/In-the-Shadow-of-the-Moon-Audiobook/B01DJKR8WU
Moon Shot: The Inside Story of Man's Greatest Adventure	https://www.audible.com/pd/Moon-Shot-Audiobook/B004OTV1J2
Spacesuit: Fashioning Apollo	https://www.audible.com/pd/Spacesuit-Fashioning-Apollo-Audiobook/B00K7105ES
Packing for Mars: The Curious Science of Life in the Void	https://www.audible.com/pd/Packing-for-Mars-Audiobook/B003VVN1KQ
A Man on the Moon: The Voyages of the Apollo Astronauts	https://www.audible.com/pd/A-Man-on-the-Moon-The-Voyages-of-the-Apollo-Astronauts-Audiobook/B016J1NMR6
Rocket Men: The Epic Story of the First Men on the Moon	https://www.audible.com/pd/Rocket-Men-Audiobook/B002UZZDYQ
Footprints in the Dust: The Epic Voyages of Apollo, 1969-1975	https://www.audible.com/pd/Footprints-in-the-Dust-Audiobook/B00PX7F4PG

12.3 Kursy Online

Tab. 12.4: Kursy Online

Nazwa	URL
edX: Introduction to Aerospace Engineering: Astronautics and Human Space Flight	https://courses.edx.org/courses/course-v1:MITx+16.00x+3T2017/course/
edX: Engineering the Space Shuttle	https://courses.edx.org/courses/course-v1:MITx+16.885x+3T2018/course/
edX: Human Spaceflight - An introduction	https://courses.edx.org/courses/course-v1:KTHx+SD2905.1x+1T2017/course/
MIT: Aircraft Systems Engineering (Space Shuttle)	https://www.youtube.com/playlist?list=PL35721A60B7B57386
MIT: The Conquest of Space: Space Exploration and Rocket Science	https://courses.edx.org/courses/course-v1:UC3Mx+BIA.1x+1T2018/course/
MasterClass: Chris Hadfield Teaches Space Exploration	https://www.masterclass.com/classes/chris-hadfield-teaches-space-exploration
Delft University - Introduction to Aerospace Engineering I	https://www.youtube.com/playlist?list=PLrwuNGSwGLHfEZNPuKRuv0WvUH7ZJF9H
edX: Space Mission Design and Operations 2018	https://courses.edx.org/courses/course-v1:EPFLx+EE585x+1T2018/course/
edX: Space Mission Design and Operations 2019	https://www.edx.org/course/space-mission-design-and-operations-1
Antarctica: From Geology to Human History	https://courses.edx.org/courses/course-v1:VictoriaX+ICE101x+3T2018/course/

12.4 Video

12.4.1 Kanaly YouTube

Tab. 12.5: Video: Kanaly YouTube

Nazwa	URL
TMRO Show	https://www.youtube.com/TMRO
Scott Manley	https://www.youtube.com/channel/UCxC4EngIsMrPmbm6Nxvb-A
	https://www.youtube.com/channel/UCOcpUgXosMCIIosreUfNFIA
Curious Droid	https://www.youtube.com/channel/UC726J5A0LLFRxQ0SZqr2mYQ
NASA Johnson	https://www.youtube.com/channel/UCmheCYT4HlbfI943lpH009Q
NASA Johnson (Astronauts at a Glance)	https://youtube.com/playlist?list=PLTXQuaxXBKKyTkzjEPNfsCOYPrfr3XuW3

12.4.2 Seriale TV

Tab. 12.6: Video: Seriale TV

Nazwa	URL
Astronauts: do you have what it takes?	https://www.imdb.com/title/tt7314826/
From Earth to the Moon	https://www.imdb.com/title/tt0120570/
Mars by National Geographic	https://www.imdb.com/title/tt4939064/
The First	https://www.imdb.com/title/tt7412482/
For All Mankind	https://www.imdb.com/title/tt7772588/

12.4.3 Filmy dokumentalne

Tab. 12.7: Video: Filmy dokumentalne

Nazwa	URL
Apollo 11	https://www.imdb.com/title/tt8760684/
In the Shadow of the Moon	https://www.youtube.com/watch?v=Osl9sDYDPqs
Last Man on the Moon (Netflix)	https://www.netflix.com/title/80087933
When We Left the Earth	https://www.youtube.com/watch?v=w12qdDEERoA
Failure is Not an Option	https://www.youtube.com/watch?v=7f51Jzm7M4w
Moonshot	https://www.youtube.com/watch?v=jia78xRMTEc
Hubble IMAX	https://www.youtube.com/watch?v=kFJwkwSiugo
Neil Armstrong - First Man on the Moon	https://www.youtube.com/watch?v=CD-OcW3Qhjq

12.4.4 Filmy fabularne

Tab. 12.8: Video: Filmy fabularne

Nazwa	URL
Martian	https://www.imdb.com/title/tt3659388/
Right Stuff	https://www.imdb.com/title/tt0086197/
Apollo 13	https://www.imdb.com/title/tt0112384/
First Man	https://www.imdb.com/title/tt1213641/
Gattaca	https://www.imdb.com/title/tt0119177/
Interstellar	https://www.imdb.com/title/tt0816692/
Gravity	https://www.imdb.com/title/tt1454468/
Contact	https://www.imdb.com/title/tt0118884/
-7 (Salyut 7)	https://www.imdb.com/title/tt6537238/
(Spacewalk: The Age of Pioneers)	https://www.imdb.com/title/tt6673840/
Gagarin. Pervyy v kosmose	https://m.imdb.com/title/tt2856930/

12.5 Gry komputerowe

Tab. 12.9: Gry komputerowe

Nazwa	URL
Kerbal Space Program	https://store.steampowered.com/app/220200/Kerbal_Space_Program/
X-Plane	https://store.steampowered.com/app/269950/XPlane_11/
Eagle Lander 3D	http://eaglelander3d.com
Interkosmos VR	https://store.steampowered.com/app/579110/Interkosmos/
Orbiter	http://orbit.medphys.ucl.ac.uk
Apollo 11 VR	https://store.steampowered.com/app/457860/Apollo_11_VR/
Mission ISS VR	https://www.oculus.com/experiences/rift/1178419975552187/
International Space Station Tour VR	https://store.steampowered.com/app/797200/International_Space_Station_Tour_VR/
Space Simulator	https://store.steampowered.com/app/529060/Space_Simulator/
Buzz Aldrin Space Program Manager	https://store.steampowered.com/app/308270/Buzz_Aldrins_Space_Program_Manager/
Universe Sandbox	https://store.steampowered.com/app/230290/Universe_Sandbox/
Lunar Flight	https://store.steampowered.com/app/208600/Lunar_Flight/

12.6 Podcasts

Tab. 12.10: Podcasts

Nazwa	URL
Houston We Have a Podcast	https://www.nasa.gov/podcasts
The Orbital Mechanics Podcast	https://theorbitalmechanics.com/show-notes/
The Rocket Ranch	https://www.nasa.gov/podcasts

12.7 Pozostałe źródła informacji

12.7.1 ESA

Tab. 12.11: ESA

Nazwa	URL
Thomas Pesquet's Proxima blog	http://blogs.esa.int/thomas-pesquet
Education - RSS	http://www.esa.int/
ESA Education	https://www.esa.int/Education
ESA Human and Robotic Exploration	https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration
iriss mission blog	http://blogs.esa.int/iriss
ESA Careers at ESA	https://www.esa.int/About_Us/Careers_at_ESA
European Space Agency, ESA	https://www.youtube.com/channel/UCIBaDdAbGIFDeS33shmlD0A
ESA Space Engineering & Technology	https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology
Rocket Science	http://blogs.esa.int/rocketscience
European Space Agency, ESA (TEDxESA) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PLbyvawxScNbvq6flW2L83cJuCDT9MHmV
ESA Blog Navigator	http://blogs.esa.int
Caves & pangaia blog	http://blogs.esa.int/caves
ESA - Current Vacancies	http://www.esa.int/About_Us/Careers_at_ESA/Vacancies
European Space Agency, ESA (EAC Training) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PLbyvawxScNbt4eoStrOLrB0ZKiz-I3OZs
Science & Technology	https://sci.esa.int/web/newssyndication/rss/sciweb.xml/-/asset_publisher/Lbqlu6xp3TsN/rss
ESA Human and Robotic Exploration	https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration
ESA Top News	https://www.esa.int/
Astronaut Class of 2009	http://blogs.esa.int/astronauts
Jan Wörner's blog	http://blogs.esa.int/janwoerner
ESA Poland	http://www.esa.int/ESA_in_your_country/Poland
ESA Space Science	https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science

12.7.2 Roscosmos

Tab. 12.12: Roscosmos

Nazwa	URL
:	http://www.roscosmos.ru/
	https://www.youtube.com/channel/UCOcpUgXosMCIIosreUfNFIA
:	http://www.roscosmos.ru/

12.7.3 NASA

Tab. 12.13: NASA

Nazwa	URL
NASA (This Week @NASA) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PL1D946ACB21752C0E
NASA Johnson (Spacewalks) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PLTXQuaxXBKKygv1wk84OTCU6SH3enVHdS
NASA Astronaut Peggy Whitson	https://astropeggy.tumblr.com/
NASA X (NASA X Episodes) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PL8E4CC853AD46B738
NASA (Space to Ground) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PL2aBZuCeDwlStfc-bEbQ1AnC-Qj4pa0k-
Space Station News	http://www.nasa.gov/
NASA Johnson (Astronauts at a Glance) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PLTXQuaxXBKKyTkzjEPNfsCOYPrfr3XuW3
NASA's Kennedy Space Center (Inside KSC!) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PLStC43yAV6zRjiANG0LDoJEgDtIESFTV3
NASA (ScienceCasts) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PL8A2171FA17D43A35
NASAfix	https://www.youtube.com/channel/UCIgvEDsEH6m3QpnyKZ7AXA

12.7.4 Polish Space

Tab. 12.14: Polish Space

Nazwa	URL
SpaceResearchCentre	https://www.youtube.com/channel/UCIMO3IWQiwXtGTusEqj325w
AstroNET	https://news.astronet.pl
Kosmonauta.net	https://kosmonauta.net
Centrum Badań Kosmicznych	https://www.cbk.waw.pl
Crazy Nauka	https://www.crazynauka.pl
Kosmos – Crazy Nauka	https://www.crazynauka.pl
polsa.gov.pl	https://polsa.gov.pl
Puls Kosmosu	https://www.pulskosmosu.pl
Polski Astronauta	http://www.astronauta.pl
Analog Astronaut Training Center	https://www.astronaut.center
Space24	https://www.space24.pl/

12.7.5 Science

Tab. 12.15: Science

Nazwa	URL
Fermilab	https://www.youtube.com/channel/UCD5B6VoXv41fJ-IW8Wrhz9A
TED Talks Daily (HD video)	https://www.ted.com/talks
minutephysics	https://www.youtube.com/channel/UCUHW94eEFW7hkUMVaZz4eDg
Periodic Videos	https://www.youtube.com/channel/UCtESv1e7ntJaLJYKIO1FoYw
Sixty Symbols	https://www.youtube.com/channel/UCvBqzzvUBLCS8Y7Axb-jZew
Science_technology Euronews RSS	http://www.euronews.com
SmarterEveryDay	https://www.youtube.com/channel/UC6107grRI4m0o2-emgoDnAA
MinuteEarth (uploads) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=UUeiYXex_fwgYDonaTcSIk6w
Kopalnia Wiedzy	https://kopalniawiedzy.pl
TED-Ed	https://www.youtube.com/channel/UCsooa4yRKGn_zEE8iknghZA

12.7.6 Rocket Science

Tab. 12.16: Rocket Science

Nazwa	URL
Rakiety.org.pl » Kanał z wpisami	http://www.rakiety.org.pl
SpaceX	https://www.youtube.com/channel/UCtI0Hodo5o5dUb67FeUjDeA
SpaceX	https://www.spacex.com/news

12.7.7 Analog Astronautics Research

Tab. 12.17: Analog Astronautics Research

Nazwa	URL
Space Adventures	https://spaceadv.tumblr.com/
Polar Motion » Feed	https://polar-motion.com
Pavilion Lake Research Project	http://www.pavilionlake.com/blog
HI-SEAS	http://hi-seas.org
nasa.gov/analogfieldtesting	https://blogs.nasa.gov/analogfieldtesting
Astronauts4Hire	http://www.astronauts4hire.org/

12.7.8 Scientific Publications

Tab. 12.18: Scientific Publications

Nazwa	URL
ScienceDirect Publication: Acta Astronautica	https://www.sciencedirect.com/journal/acta-astronautica
Iaf	http://www.iafastro.org
ScienceDirect Publication: Acta Astronautica	https://www.sciencedirect.com/journal/acta-astronautica
International Astronautical Federation iafastro.org	http://www.iafastro.org

12.7.9 Aerospace Industry Jobs

Tab. 12.19: Aerospace Industry Jobs

Nazwa	URL
polsa.gov.pl - Praca	http://pak.bip.gov.pl/
Current Vacancies - EUMETSAT Website	http://www.eumetsat.int/website/home/RSS/CurrentVacancies/
Current Vacancies - EUMETSAT Website	http://www.eumetsat.int/website/home/RSS/CurrentVacancies/
DLR - Jobs and Career	http://www.dlr.de/dlr/jobs/
RHEA Group	http://www.rheagroup.com

12.7.10 Space News

Tab. 12.20: Space News

Nazwa	URL
News – Spaceflight101	http://spaceflight101.com
Daily Moon	http://www.moondaily.com/index.html
Daily Mars	http://www.marsdaily.com/index.html
SpaceFlight Insider	https://www.spaceflightinsider.com
NASASpaceFlight.com	https://www.nasaspaceflight.com
TheSpaceAdventurer	https://www.youtube.com/channel/UCUz8VniiVouhmF71AomvSmg
Scott Manley	https://www.youtube.com/channel/UCxzc4EngIsMrPmbm6Nxvb-A
TMRO	https://tmro.tv
Collect SPACE	http://www.collectspace.com/

12.7.11 Canadian Space Agency

Tab. 12.21: Canadian Space Agency

Nazwa	URL
Canadian Space Agency	https://www.youtube.com/channel/UCdNtqpHIU1pCaVy2wlzxHKQ

12.7.12 ISS

Tab. 12.22: ISS

Nazwa	URL
ISS On-Orbit Status Report	https://blogs.nasa.gov/stationreport
SpaceRef ISS Top Stories	http://spaceref.com/iss/

12.7.13 Human Spaceflight

Tab. 12.23: Human Spaceflight

Nazwa	URL
News About ISS	http://www.spacedaily.com/Station_News.html
Newest questions tagged crewed-spaceflight - Space Exploration Stack Exchange	https://space.stackexchange.com/questions/tagged/?tagnames=crewed-spaceflight&sort=newest
Drew Ex Machina » Feed	https://www.drewexmachina.com
Space Lectures » Feed	https://space-lectures.com
WIRED (It's Different In Space!) on YouTube	https://youtube.com/playlist?list=PLibNZv5Zd0dzIMfI0lqR6_Zs8GwErdGze
SpaceRef	http://spaceref.com/
The Spudis Lunar Resources Blog	http://www.spudislunarresources.com/blog
Newest questions tagged astronauts - Space Exploration Stack Exchange	https://space.stackexchange.com/questions/tagged/?tagnames=astronauts&sort=newest
Newest questions tagged apollo-program - Space Exploration Stack Exchange	https://space.stackexchange.com/questions/tagged/?tagnames=apollo-program&sort=newest
JSC Features	https://jscfeatures.jsc.nasa.gov
Newest questions tagged mars - Space Exploration Stack Exchange	https://space.stackexchange.com/questions/tagged/?tagnames=mars&sort=newest
DVIDS Unit RSS Feed: NASA	https://www.dvidshub.net
Newest questions tagged iss - Space Exploration Stack Exchange	https://space.stackexchange.com/questions/tagged/?tagnames=iss&sort=newest

ROZDZIAŁ 13

Bibliografia

13.1 Literatura

Bibliografia

- [NAS04] Nasa astronaut requirements. 2004. URL: http://www.nasa.gov/audience/forstudents/postsecondary/features/F_Astronaut_Requirements.html.
- [Why10] Why yuri gagarin remains the first man in space, even though he did not land inside his spacecraft. 2010. URL: <http://blog.nasm.si.edu/space/why-yuri-gagarin-remains-the-first-man-in-space-even-though-he-did-not-land-inside-his-spacecraft/>.
- [Eur12] European astronaut corps. 2012. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/The_European_astronaut_corps.
- [Hea12] Health and physical condition. 2012. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/European_Astronaut_Selection/FAQs_Health_and_physical_condition.
- [How12] How to become an esa astronaut. 2012. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/How_to_become_an_astronaut.
- [Psy12] Psychological and medical selection process. 2012. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/European_Astronaut_Selection/Psychological_and_medical_selection_process.
- [Qua12] Qualifications and skills required. 2012. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/European_Astronaut_Selection/FAQs_Qualifications_and_skills_required.
- [ESA12] Space engineering & technology: a solid investment. 2012. URL: https://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/A_solid_investment.
- [Ble14] Astronaut geology training. 2014. URL: <https://www.hou.usra.edu/meetings/leag2014/presentations/bleacher.pdf>.
- [ESA14] European astronauts in new functions. 2014. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/European_astronauts_in_new_functions.
- [Ros14] Tspk | la piscine d'entraînement. 2014. URL: <http://www.kosmonavtika.com/basesorga/tspk/des/hydrolab/hydrolab.html>.
- [Cos15] Cosmonauts biographical data. 2015. URL: <http://www.jsc.nasa.gov/Bios/cosmo.html>.
- [Int15] International astronauts. 2015. URL: http://www.jsc.nasa.gov/Bios/astrobio_international.html.
- [NAS15a] Nasa astronaut candidate program. 2015. URL: <http://astronauts.nasa.gov/content/broch00.htm>.
- [NAS15b] Nasa astronaut selection. 2015. URL: <http://nasa.gov/astronauts>.
- [NAS15c] Nasa astronaut selection process. 2015. URL: <http://astronauts.nasa.gov/default.htm>.
- [God16] Dr. robert h. goddard, american rocketry pioneer. 2016. URL: http://www.nasa.gov/centers/goddard/about/history/dr_goddard.html.

- [ESA16] Esa astronaut training requirements. 2016. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Astronauts/Astronaut_training_requirements.
- [Spa16] European researchers invited to board "spaceship eac". 2016. URL: http://www.esa.int/About_Us/EAC/European_researchers_invited_to_board_Spaceship_EAC.
- [Hum16] Human origins genetic evidence. 2016. URL: <http://humanorigins.si.edu/evidence/genetics>.
- [ISS16] Iss spacecraft - soyuz tm. 2016. URL: <http://www.spaceref.com/iss/spacecraft/soyuz.tm.html>.
- [CSA17a] 2017 astronaut selection process. 2017. URL: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronauts/how-to-become-an-astronaut/process-2017/default.asp>.
- [CSA17b] 2017 astronaut selection process, youtube playlist. 2017. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=FEwE9sfY43E&list=PLUaartJaon3JRb9KoEJGD42WHJe85Dje8>.
- [NAS17] Ames research center 20-g centrifuge. 2017. URL: <https://www.nasa.gov/ames/research/space-biosciences/20-g-centrifuge>.
- [Ast17] Astronaut/cosmonaut statistics. 2017. URL: <https://www.worldspaceflight.com/bios/stats.php>.
- [CSA17c] Astronauts' basic training. 2017. URL: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronauts/about-the-job/basic-training.asp>.
- [CSA17d] Flight training. 2017. URL: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronauts/about-the-job/flight-training.asp>.
- [ISS17] International space station: facts and figures. 2017. URL: <https://www.nasa.gov/feature/facts-and-figures>.
- [One17] One small step for a geologist. 2017. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Caves/One_small_step_for_a_geologist.
- [CSA17e] Ongoing training and tasks while awaiting a mission. 2017. URL: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronauts/about-the-job/ongoing-training.asp>.
- [Pre17] Preparing astronauts for exploring celestial bodies. 2017. URL: http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Caves/Preparing_astronauts_for_exploring_celestial_bodies.
- [CPK18] Centrifuge cf-7 and cf-18. 2018. URL: <http://www.gctc.su/print.php?id=131>.
- [CNS18] China astronaut selection and training. 2018. URL: <https://chinaspacereport.com/programmes/astronaut-selection-training/>.
- [CSA18] Frequently asked questions – astronauts. 2018. URL: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronauts/faq.asp>.
- [Ina18] Nasa former astronauts. 2018. URL: <https://www.nasa.gov/astronauts/biographies/former>.
- [AA09] Buzz Aldrin and Ken Abraham. *Magnificent Desolation: The Long Journey Home from the Moon*. Crown Publishing Group, New York City, NY, 2009. ISBN 9780307463456.
- [And15] Clayton C. Anderson. *The Ordinary Spaceman - From Boyhood Dreams to Astronaut*. University of Nebraska Press, 2015. ISBN 9780803262829.
- [Cad06] Deborah Cadbury. *Space Race: The Epic Battle Between America and the Soviet Union for Dominance of Space*. Harper Collins Publishers, 2006. ISBN 9780060845537.
- [Cer00] Eugene Cernan. *The Last Man on the Moon: Astronaut Eugene Cernan and America's Race in Space*. St. Martin's Press, New York City, NY, 2000. ISBN 9780312263515.
- [Col05] J. Lynn Coldiron. Crew escape systems 21002. 2005. URL: http://www.nasa.gov/centers/johnson/pdf/383443main_crew_escape_workbook.pdf.
- [Cun10] Walter Cunningham. *The All-American Boys*. iPicturebooks, New York City, NY, 2010. ISBN 9781876963248.
- [Cor04] S. Sanz Fernández de Córdoba. Presentation of the karman separation line, used as the boundary separating aeronautics and astronautics. 2004. URL: <https://www.webcitation.org/618QHms8h?url=http://www.fai.org/astronautics/100km.asp>.
- [EA18] Monica Edwards and Laurie Abadie. Nasa twins study confirms preliminary findings. 2018. URL: <https://www.nasa.gov/feature/nasa-twins-study-confirms-preliminary-findings>.

- [Eis17] Donn Eisele. *Apollo Pilot: The Memoir of Astronaut Donn Eisele*. University of Nebraska Press, Lincoln, NE, 2017. ISBN 9780803262836.
- [EM07] Ivan D. Ertel and Mary Louise Morse. The apollo spacecraft - a chronology. 2007. URL: <https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-4009/contents.htm>.
- [FB07] Francis French and Colin Burgess. *In the Shadow of the Moon: A Challenging Journey to Tranquility, 1965-1969*. University of Nebraska Press, Lincoln, NE, 2007. ISBN 9780803211285.
- [Fro] Robert Frost. What do astronauts do once they leave nasa? URL: <https://www.quora.com/What-do-astronauts-do-once-they-leave-NASA/answer/Robert-Frost-1?srid=nF8W>.
- [Glo16] Victor Glover. Astronaut victor glover speaks about safety and health. 2016. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=fa5tYn4MU-I>.
- [Gre09] Erik Gregersen. *Manned Spaceflight: An Explorer's Guide to the Universe Series*. Rosen Publishing Group, Incorporated, New York City, NY, 2009. ISBN 9781615300396.
- [Gri14] James M. Grimwood. Project mercury - a chronology. 2014. URL: <https://history.nasa.gov/SP-4001/contents.htm>.
- [Had13] Chris Hadfield. *An Astronaut's Guide to Life on Earth*. Macmillan, 2013. ISBN 9781447257103.
- [HS09] Rex Hall and David Shayler. *Soyuz - A Universal Spacecraft*. Springer, 2009. ISBN 9781852336578.
- [Ham17] Kathryn Hambleton. Deep space gateway to open opportunities for distant destinations. 2017. URL: <https://www.nasa.gov/feature/deep-space-gateway-to-open-opportunities-for-distant-destinations>.
- [Har97] J. J. Harford. Korolev - how one man masterminded the soviet drive to beat america to the moon. 1997. URL: <http://history.nasa.gov/sputnik/harford.html>.
- [Her13] Mirosław Hermaszewski. *Ciężar Nieważkości - opowieść pilota-kosmonauty*. Universitas, Kraków, 2013. ISBN 9788324222964.
- [Kam99] Nikolai Petrovich Kamanin. Kamanin diaries (english translation of " "). 1999. URL: <http://www.astronautix.com/k/kamanindiaries.html>.
- [Kel17] Scott Kelly. *Endurance: A Year in Space, A Lifetime of Discovery*. Knopf Doubleday Publishing Group, New York City, NY, 2017. ISBN 9781524731595.
- [Ken62] J. F. Kennedy. Moon speech - rice stadium. 1962. URL: <http://er.jsc.nasa.gov/seh/ricetalk.htm>.
- [Kom17] Igor A. Komarov. Roscosmos cosmonaut requirements. 2017. URL: <https://www.roscosmos.ru/media/files/docs/2017/prikaz.244-1.pdf>.
- [Kra01] Gene Kranz. *Failure Is Not an Option: Mission Control from Mercury to Apollo 13 and Beyond*. Simon & Schuster, New York City, NY, 2001. ISBN 9780743200790.
- [LS06] Alexei Leonov and David Scott. *Two Sides of the Moon: Our Story of the Cold War Space Race*. St. Martin's Griffin, New York City, NY, 2006. ISBN 9780312308667.
- [Mad13] Alexis C. Madrigal. 13 little things nasa did to get alan shepard ready for space. 2013. URL: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/08/13-little-things-nasa-did-to-get-alan-shepard-ready-for-space/278500/>.
- [Mas16] Mike Massimino. *Spaceman: An Astronaut's Unlikely Journey to Unlock the Secrets of the Universe*. Crown Publishing Group, New York City, NY, 2016. ISBN 9781101903544.
- [McD65] Jim McDivitt. Gemini iv: learning to walk in space. 1965. URL: <https://www.nasa.gov/feature/gemini-iv-learning-to-walk-in-space>.
- [Mel17] Leland Melvin. *Chasing Space: An Astronaut's Story of Grit, Grace, and Second Chances*. Amistad Press, New York City, NY, 2017. ISBN 9780062496720.
- [Mog15] Andreas Mogensen. Fire in the soyuz! 2015. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=oE5Z3Uxbezc>.
- [Mon11] Nicholas de Monchaux. *Spacesuit: Fashioning Apollo*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2011. ISBN 9780262015202.

- [NAS59] NASA. Looking back: the mercury 7. 1959. URL: https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_157.html.
- [NAS85] NASA. Launches of columbia (sts-107), challenger (sts-51-b), discovery (sts-124), atlantis (sts-132), endeavour (sts-118) space shuttles. 1985. URL: <https://archive.org/details/KSC-KSC-85PC-0265>.
- [o200405] The Astronaut Candidate Class of 2004. Astronaut candidates 2004 - training journals. 2005. URL: <https://spaceflight.nasa.gov/shuttle/support/training/ascan/2004/journal12.html>.
- [Par17] Scott Parazynski. *The Sky Below*. Little A, Seattle, OR, USA, 2017. ISBN 9781503936690.
- [Pea17] Tim Peake. *Ask an Astronaut: My Guide to Life in Space*. Century, Londyn, UK, 2017. ISBN 9781780898179.
- [Pet17] Tyler David Peterson. *A Fire to Be Lighted: the Training of American Astronauts From 1959 to the Present*. PhD thesis, Texas A&M University, 2017.
- [Por95] David S. F. Portree. Mir hardware heritage. 1995. URL: <https://spaceflight.nasa.gov/history/shuttle-mir/references/documents/mirheritage.pdf>.
- [Sha09] David J. Shayler. *Space Rescue: Ensuring the Safety of Manned Spacecraft*. Praxis, Chichester, UK, 2009. ISBN 9780387739960.
- [She69] W. Shelton. *Soviet space exploration - the first decade*. Arthur Barker Ltd., London, England, 1969.
- [Sid00] Asif A. Siddiqi. *Challenge to Apollo : the Soviet Union and the space race, 1945-1974*. NASA History Division, Washington, D.C., 2000. ISBN 9781780393018.
- [SC94] Donald K. Slayton and Michael Cassutt. *Deke!: U.S. Manned Space from Mercury to the Shuttle*. Forge: St. Martin's Press, New York City, NY, 1994. ISBN 0312855036.
- [SJrGA66] Loyd S. Swenson Jr., James M. Grimwood, and Charles C. Alexander. *This New Ocean: A History of Project Mercury*. NASA, 1966. ISBN 1934941875. URL: <http://history.nasa.gov/SP-4201/toc.htm>.
- [Wada] Mark Wade. Sokol. URL: <http://www.astronautix.com/s/sokol.html>.
- [Wadb] Mark Wade. Soviet manned lunar projects. URL: <http://www.friends-partners.org/mwade/articles/sovpart2.htm>.
- [Wadc] Mark Wade. Soyuz 11. URL: <http://www.astronautix.com/s/soyuz11.html>.
- [Whi18] Melanie Whiting. Active nasa astronauts. 2018. URL: <https://www.nasa.gov/astronauts/biographies/active>.
- [WF15] J. Woerner and B. et al. Foing. The moon - a continent and a gateway for our future. 2015. URL: <http://www.iafastro.org/events/iac/iac-2015/plenary-programme/the-moon-a-continent-and-a-gateway-for-our-future/>.
- [Wol79] Tom Wolfe. *The Right Stuff*. Farrar, Straus and Giroux, New York City, NY, 1979. ISBN 0374250324.
- [67] . . . , 1967.