



Michail S. Mukownin, Marek Graff

Koleje Kosmodromu Bajkonur w Kazachstanie

ТЭМ2-7292 z kompleksem transportowym rakiety „Sojuz-FG” w drodze do kompleksu startowego (27.05.2007 r.)

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina

Transport kolejowy odgrywa kluczową rolę w funkcjonowaniu bazy lotów kosmicznych Bajkonur. Zalety kolei są nieocenione przy przemieszczaniu rakiet i instalacji po rozległym obszarze kosmodromu, jak i z punktu widzenia bezpiecznego transportu. Bajkonur jest kosmodromem znajdujących się w Kazachstanie, obecnie dzierżawionym przez Rosję na mocy umowy do 2050 r. Kompleks zbudowano w lutym 1955 r. jako Naukowo-Rozwojowy Poligon Testowy nr 5 (ros. Nauczno-Issledowatelskij Ispytatelnij Poligon N. 5) w celu testowania rakiet balistycznych (klasy ICBM), np. R-7. Wśród założycieli można wymienić gen. Wasilija Wozniuka oraz ojca sowieckiego programu raketowego, Siergieja Korolowa (m.in. twórcę rakiet R-7). Początkowo Kosmodrom służył do wystrzeliwania rakiet balistycznych, a później także rakiet nośnych.

Specyfika kosmodromu

Jednym z powodów lokalizacji obiektu na stepach Kazachstanu była duża odległość od osiedli ludzkich, w celu zminimalizowania potencjalnych ofiar w przypadku zbieżności z trajektorii lotu i niekontrolowanego upadku rakiet (podobnie centrum lotów kosmicznych w USA – Kennedy Space Center wykorzystywane przez NASA, położone jest na przylądku Canaveral w stanie Floryda, nad brzegiem Atlantyku – w przypadku katastrofy rakiety lub

odrzućnia pustych zbiorników paliwowych, spadają one do oceanu, z dala od siedzib ludzkich). W 1966 r. miasto zbudowane dla pracowników kosmodromu otrzymało nazwę Leninsk, w 1995 r. zmienioną na Bajkonur. Do lat 90. XX w. Bajkonur był zamkniętym obiektem wojskowym, natomiast obecnie jest zarządzany przez Rosyjską Federalną Agencję Kosmiczną oraz wykorzystywany przez armię rosyjską – Wojska Kosmiczne FR, oprócz podobnych obiektów znajdujących się na terenie Rosji w miejscowościach Plesieck, Kapustin Jar i Swobodny (baza lekkich rakiet). Kosmodrom Bajkonur, ze względu na charakter obiektu, zajmuje duży obszar – 90 na 75 km, i mieści między innymi 11 stanowisk montażowych, 9 startowych oraz 2 lotniska. Faktycznie Kosmodrom znajduje się w okolicy miejscowości Tiuratam (oficjalna nazwa to 5-GIK „Bajkonur”). Obiekt jest wykorzystywany do wystrzeliwania rakiet nośnych unoszących sztucznych satelitów, modułów, personelu i zaopatrzenie dla budowanej obecnie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

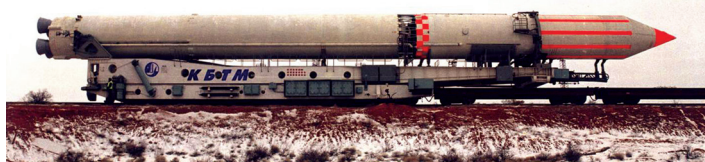
Kosmodrom Bajkonur jest położony około 200 km na wschód od Jeziora Aralskiego, w strefie klimatu kontynentalnego, z długimi mroźnymi zimami (średnie temperatury do -38°C) i równie długimi suchymi okresami letnimi (średnie temperatury do $+45^{\circ}\text{C}$). W okresie zimowym grunt przymarza do głębokości 1,3 m. Suma opadów wynosi zaledwie 120 mm, a częstym zjawiskiem są burze pyłowe i piaskowe.

Z kosmodromu Bajkonur wystrzelono pierwsze rakiety kosmiczne, które wyniosły na orbitę okołozemską między innymi sztuczne satelity (z pomocą rakiet R-7): Sputnik 1 w październiku 1957 r., Sputnik 2 z psem Łajką w listopadzie 1957 r. W kwietniu 1961 r. z kosmodromu wystartował statek kosmiczny *Wostok 1* z pierwszym człowiekiem kosmonautą – Jurijem Gagarinem, a w kolejnych latach odbyły się następne loty z załogą – między innymi Hermana Titowa w sierpniu 1961 r. (całodobowy pobyt człowieka w kosmosie; statek kosmiczny *Wostok 2*), Walentyny Tierszkowej w czerwcu 1963 r. (pierwszej kobiety w kosmosie; statek kosmiczny *Wostok 6*), czy Mirosława Hermaszewskiego w czerwcu 1978 r. (pierwszego polskiego kosmonauty; statek kosmiczny *Sojuz 30*; drugą osobą z Polski, która odbyła lot w kosmos, była Joanna Chojnacka, zwyciężczyni zorganizowanego przez radio RMF FM konkursu Odyseja Kosmiczna 2001, będącego formą komercyjnej turystyki kosmicznej). Z Bajkonuru startowały także rakiety unoszące moduły stacji kosmicznych: stacji *Mir* w lutym 1986 r. (moduł bazowy; rakietą *Proton 1*), czy Międzynarodowej Stacji Kosmicznej w listopadzie 1998 r. (moduł *Zarja*, rakietą *Proton K*). Kosmodrom był także miejscem startu rakiet *Energia*, wynoszących wahadłowce *Buran*: pierwszy w listopadzie 1988 r.; mimo udanego startu i lądowania, program wahadłowców został zawieszony. Dniem żałoby jest 24 października, gdy tego dnia w 1960 r. w trakcie przygotowania rakiety R-16, zbyt wcześnie został uruchomiony jeden z silników i w wyniku zapłonu paliwa nastąpiła eksplozja, która spowodowała katastrofę z 126 ofiarami.



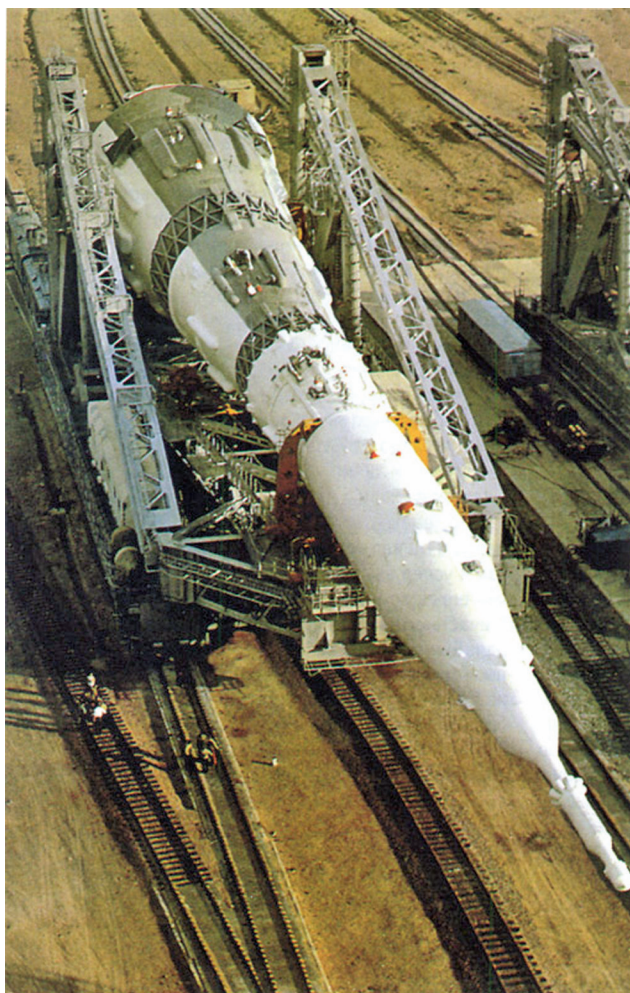
Rakietą nośną *Proton* w kompleksie transportowym, używana do wnoszenia między innymi satelitów. Ze względu na dużą moc, może być stosowana do wnoszenia ładunków o masie do 23 t, dla porównania maksymalny ładunek jaki może wynieść rakietą *Sojuz* to 5–7 t. Paliwo stosowane w rakiecie *Proton* to dwutlenek azotu i dimetylohydrazyna, obie substancje wysoce toksyczne, wymagające szczególnych środków ostrożności

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Rakietą *Zenit* w kompleksie transportowym

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Rakietą *N1* w kompleksie transportowym Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina

Start i lot rakiet nośnych lub balistycznych wymaga bardzo dużych ilości paliwa. W odróżnieniu od samolotów (cywilnych, np. *Airbus* lub *Boeing*), napędzanych silnikami turboodrzutowymi /turbowentylatorowymi, które muszą zabrać zapas jedynie paliwa lotniczego (zwanego kerozyną lub naftą lotniczą) i poruszają się na wysokości 10–12 km nad powierzchnią Ziemi, rakiety – ponieważ poruszają się na wysokości średnio 1000 km, muszą zabrać ze sobą także zapas utleniacza do paliwa. W przypadku samolotu pasażerskiego o masie 235 t zapas paliwa lotniczego przy starcie jest równy 78 t, co pozwala na pokonanie do 10,8 tys. km (A330–300), a w przypadku samolotu o masie 413 t w zbiornikach przy starcie znajdują się 193 t paliwa lotniczego, co daje zasięg maszyny do 14,2 tys. km (B747–400). Do silników rakietowych stosuje się dwa zasadnicze typy paliwa:

- **paliwo ciekłe**, czyli skroplone wodór i tlen – silnik rakietowy pracujący w ten sposób jest najwydajniejszy i ma możliwość kontroli siły ciągu (poprzez odpowiednie wtryskiwanie paliwa i utleniacza do komory spalania); budowa takiego silnika jest bardzo skomplikowana, czyli jest on najdroższy w eksploatacji. Dodatkowo, zarówno utleniacz (tlen), jak i reduktor (wodór) muszą być utrzymywane w bardzo niskich temperaturach (temperatura wrzenia tlenu to -182°C , wodoru -259°C); rozwiązanie jest stosowane szeroko przez amerykańską agencję kosmiczną NASA i Europejską Agencję Kosmiczną (ESA);
- **paliwo stałe**, czyli ciecze zapalające się samoczynnie po zmieszaniu obu składników i utworzeniu tzw. ziarna paliwa.

Silniki na paliwo stałe są prostsze w budowie, ale o gorszych parametrach, ponieważ komora spalania jest jednocześnie komorą paliwową. Samo paliwo może spalać się kanałowo lub czołowo.

wo, czyli od środka ziarna do ścian korpusu (przez całą długość kanału) lub od dyszy do górnej zatyczki. Wadą silnika na paliwo stałe jest brak możliwości kontroli ciągu czy nawet wyłączenia przez wypaleniem całego paliwa. Przykładowe substancje stosowane

jako składniki paliwa stałego to hydrazyna lub dwumetylohydrazyna (reduktor) i ciekły dwutlenek azotu (utleniacz). Stosowane są także borowodory/nafta (reduktor) i stężony nadtlenek wodoru (70–90%)/dymiący kwas azotowy (utleniacz). Wszystkie



Kompleks do transportowania rakiet Energia wynoszących wahadłowce Buran, porzucony i prawdopodobnie częściowo zdemontowany (4.05.2007 r.) Fot. A. Kolesnikow



Wagon do przechowywania i transportu stężonego nadtlenu wodoru, utleniaacza stosowanego w silnikach rakiety, wyposażony w pompy i instalację do chłodzenia utleniacza, a także zabezpieczenia przed wniknięciem substancji organicznych (stężony nadtlenek wodoru mógłby wtedy eksplodować, 19.10.2010 r.) Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Wagon cysterna do transportu ropy do rakiet, wyposażony także w urządzenia do tankowania, i urządzenia bezpieczeństwa (22.05.2007 r.) Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Wagon wyposażony w agregat spalinowy do wytwarzania energii elektrycznej zasilającej system regulacji temperatury rakiety podczas transportu (8.07.2011 r.) Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Wagon do transportu bezpośrednio samej rakiety; z lewej strony znajduje się spód rakiety, a z prawej wierzchołek; wagon widoczny na zdjęciu służy do transportu niewielkich rakiet o masie z paliwem 300 t (podobna rakietka bez paliwa ma masę 30 t); w przypadku stwierdzenia jakichkolwiek usterek rakiety, w pierwszej kolejności ze zbiorników usuwane jest paliwo – tragedia z 24.10.1960 r. pokazała, że jest to absolutnie konieczne (30.06.2009 r.) Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Wagon używany do utrzymywania stałej temperatury części rakiety – w zimie ogrzewania elektrycznego, w lecie chłodzenia zimnym powietrzem (8.07.2011 r.) Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Wagony (od lewej): elektrownia, wagon termostatujący oraz platforma z rękawkami służącymi do tłoczenia chłodzącego powietrza, tzw. energopojezd (8.07.2011 r.) Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina

te substancje są żrące lub/i trujące, dlatego obchodzenie się z nimi wymaga ogromnych środków ostrożności, zwłaszcza gdy stosuje się w ilościach kilkuset ton do wypełniania zbiorników paliwowych jednej rakiety (np. oparzenia 30% powierzchni ciała człowieka często wywołują zgon); skrajnie niebezpieczną substancją jest stężony nadtlenek wodoru, który z kontaktem z większością metali eksploduje (oraz zwiększa swą objętość kilka tysięcy razy wskutek rozkładu na tlen i wodę): wybuch tej substancji w jednej z tzw. torped kawitacyjnych *Szkwał*, testowanych w rosyjskim okręcie podwodnym o napędzie atomowym K-141 *Kursk* był przyczyną zatonięcia tej jednostki pływającej w sierpniu 2000 r. na Morzu Barentsa. Silniki raketowe na paliwo stałe są stosowane w Rosji (i dawniej w ZSRR) i w dużo mniejszym stopniu w USA i UE.

W rakiecie stosuje się tzw. stopnie silników, z których każdy pracuje przez kilka minut (od 2 do 4 min) – najpierw pierwszy stopień, potem drugi, itd., przy czym ciąg nadawany przez pierwszy stopień jest największy (tab. 1). Przykładowo, dla rosyjskiej rakiety *Proton M* (na paliwo stałe) o masie 702 t masa paliwa jest równa 669 t, a masa ładunków, które mogą być wyniesione na niską orbitę okołozemską (200–2000 km) to 22,0 t, a orbitę geostacjonarną (35 786 km) – 5,6 t. Po niskiej orbicie okołozemskiej krąży większość sztucznych satelitów, poruszających się z prędkością 8 km/s i okrążających Ziemię w ciągu 90 min, a dodatkowo załogowe loty wahadłowców także osiągają jedynie niską orbitę okołozemską. Satelity komunikacyjne poruszają się po orbicie geostacjonarnej.

Tabela 1

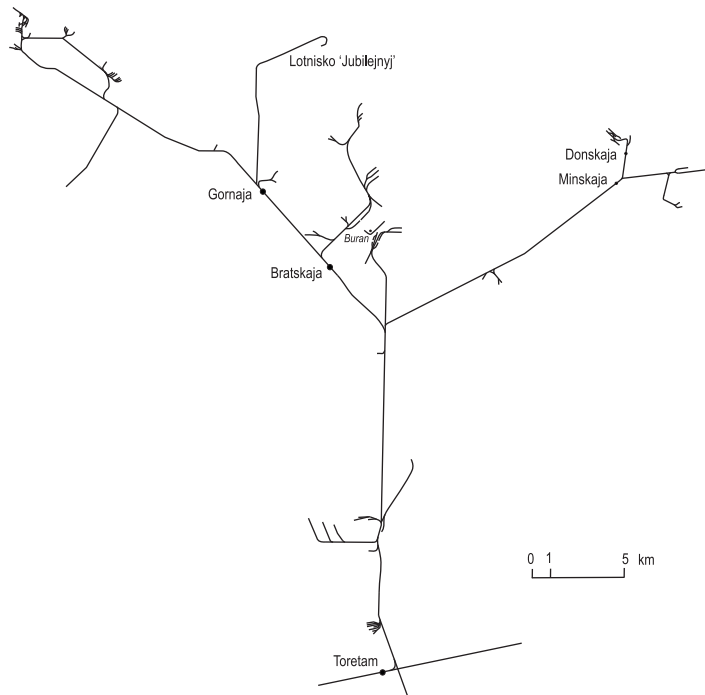
Dane silników rakiety *Proton M*

		Stopień		
		1	2	3
Ciąg silników	[kN]	9500	2300	583 + 4 × 31
Masa z paliwem	[t]	450,5	167,8	50,7
Masa bez paliwa	[t]	31,1	11,7	4,2
Czas pracy	[s]	120	206	238

Infrastruktura i tabor kolejowy na terenie kosmodromu

Ze względu na duże rozmiary kosmodromu, a także znacząca masę transportowanych części rakiet i samych rakiet oraz setek ton paliwa, do ich przewożenia używa się transportu kolejowego, przy czym wagony używane do tego zostały w tym celu specjalnie zaprojektowane i zbudowane. Dodatkowo, były to krótkie serie pojazdów, ze względu na niewielką liczbę potencjalnych obiektów jako miejsc ich eksploatacji. Lokomotywy do transportu części rakiet miały – dla zwiększenia siły pociągowej – zwiększony stopień przełożenia przekładni silników trakcyjnych. Na terenie Kosmodromu znajduje się 470 km linii kolejowych, z których 40 km to linie specjalne (w tym z równoległe biegnącymi torami, pozwalającymi na holowanie kompleksu montażowego przez lokomotywy na dwóch torach równocześnie).

Początkowo używano do ciągnięcia kompleksów transportowo-montażowych dla rakiet nośnych (np. *N-1*) lokomotyw spalinowych serii ПТЭЗ (odmiana ТЭЗ ze zwiększonym stopniem przełożenia przekładni). Niestety w czasie prób rakiet *N* zmarła kluczowa postać dla funkcjonowania kosmodromu – Siergiej Korolew, a jego następcy nie potrafili zastąpić swego mistrza. Rodzina rakiet serii *N* była nieudana, i po 4 próbach prace zostały przerwane (planowano z pomocą rakiet *N* wysłać człowieka na Księżyc). Po zaniechaniu sowieckiego programu lotu na Księżyc,



Schemat układu torowego Kosmodromu Bajkonur



Jedna z lokomotyw manewrowych obecnie używanych ТЭM2-7292 (14.09.2006 r.)

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Lokomotywy ТЭM2Y na jednej z bocznic Kosmodromu (23.12.2007 r.)

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina

kompleks transportowo-montażowy został przebudowany pod kątem wystrzeliwania rakiet unoszących sztucznych satelitów. Roz-



Podróż pociągiem kursującym między miastem a kosmodromem (60 km); przejazd trwa od jednej do dwóch godzin, pociąg odjeżdża ze stacji w mieście około 5.30 i powraca około 19.00; są to wagony z drewnianymi ławkami, wyprodukowane we wschodnich Niemczech, z klimatyzacją, która często nie jest wystarczająco skuteczna w temperaturach dochodzących latem do $+45^{\circ}\text{C}$; tabor ten jest mocno wyeksploatowany i np. w przypadku awarii akumulatorów w wagonach nie funkcjonuje klimatyzacja, a pasażerowie podróżują przy otwartych oknach, w pyłe i kurzu; obecnie pociągi prowadzą lokomotywy serii ТЭМ2, wcześniej także można było zobaczyć ТЭ3, ТЭП70 i ЧМЭ3 (8.09.2009 r.)

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Pociąg transportujący raketę Sojuz na stanowisku startowym, na rakiecie znajduje się osłona termiczna (8.07.2011 r.)

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina



Rakieta nośna Energia wraz z wahadłowcem Buran w kompleksie transportowym; pociąg prowadzą lokomotywy ПТЭ3

Fot. ze zbiorów M. S. Mukownina

poczęto program *Energia-Buran*, czyli wyrzucanie w kosmos z wahadłowców z użyciem rakiet *Energia*. Ponieważ wahadłowce były dosyć ciężkie, zatem wymagały potężnej rakiety nośnej i równie dużego kompleksu transportowo-montażowego, do którego prowadzenia używano dwóch dwuczłonowych lub trójczłonowych lokomotyw, początkowo ПТЭ3, a później 3М62П. Obie lokomotywy poruszały się po dwóch równoległych torach, oddalonych od siebie o 20 m, a sterowanie odbywało się z kabiny jednej z nich (jeden maszynista sterował oboma lokomotywami). Ogółem używano dwóch lokomotyw, a dodatkowo jedna stanowiła rezerwę.

Po rozpadzie ZSRR w 1991 r. część urządzeń znajdujących się na terenie Kosmodromu zaginęła, a los lokomotyw serii ПТЭ3 jest nieznan (prawdopodobnie zostały pocięte na złom). Więcej szczęścia miała seria 3М62П, która oparła się przeciwnośności losu, i przynajmniej egzemplarze o numerach 0001 i 0002, skrócone do dwóch członów, zostały zachowane do 2009 r. Używano ich do prowadzenia pociągów między kosmodromem a miastem. Obie lokomotywy w październiku 2011 r. znajdowały się na terenie bocznic „filii sierpuchowskiej otwartej spółki akcyjnej Promżetdortrans” (ros. *Sierpuchowskij filial OAO Promżetdortrans*) pod Moskwą, natomiast lokomotywę 3М62П-0003 sprzedano kolejom ukraińskim i przenie-numerowano na 2М62У-0394. Zewnętrzna kolorystyka pudła zmieniono z zielonej na białobordową, a pojazd – skrócony do dwóch członów – w listopadzie 2011 r. znajdował się na terenie lokomotywowni Lwów Zachód (ukr. *Lwiv Zachid*). Elementem odróżniającym ten egzemplarz 2М62У od innych pojazdów tej serii jest wbudowane gniazdo sterowania wielokrotnego (sterowanie dwoma lokomotywami na dwóch równoległych torach jednocześnie), potrzebne podczas transportu rakiet ze stanowiska montażowego na startowe. Inne jest także ryflowanie pudła 2М62У-0394 w porównaniu z np. 2М62У-0393, wyprodukowanej w 2000 r. oraz tabliczka producenta – dla 2М62У-0393 jest to Ługański TZ, a dla 2М62У-0394 – Woroszytowski TZ (zmiana nazwy miasta i fabryki miała miejsce w 1988 r.). Obecnie do transportu rakiet ze stanowisk montażowych na startowe używa się lokomotyw serii ТЭМ2 lub ТЭМ2У.

Ponieważ paliwo raketowe (stałe) musi być utrzymywane w określonej temperaturze, zatem w porze letniej i zimowej (gdy temperatury powietrza przyjmują skrajne wartości) zakładana jest na raketę w czasie transportu osłona termiczna (termostat), która w lecie zapewnia chłodzenie, a w zimie ogrzewanie. W lecie chłodzenie odbywa się z użyciem zimnego powietrza, tłoczonego pod osłonę termiczną. Pod termostatem w okresie zimowym znajdują się elektryczne urządzenia grzewcze, zasilane z wagonu elektrowni, znajdującego się w składzie pociągu transportującego raketę, podobnie jak wagon służący do termostatowania. Osłona termiczna jest usuwana tuż po ustawieniu rakiety do pozycji startowej. Zatem w składzie pociągu znajdują się wagony zdolne wyprodukować ciepło lub schłodzone powietrze, tworzące tzw. energopojazd, czyli pociąg energetyczny, wytwarzający energię (cieplną i elektryczną) do 72 MWh.

Wagon służący do transportu i ustawiania rakiety w pozycji startowej jest wyposażony w wózki silnikowe o napędzie elektrycznym, które mogą być zasilane poprzez kabel elektryczny z wagonu elektrowni. Ustawianie rakiety na stanowisku startowym jest dwustopniowe: w pierwszym etapie przy pomocy wagonu, na którym rakieta jest transportowana na stanowisko, ustawia się także raketę do pozycji startowej. Wagon wjeżdża na podnośnik

hydrauliczny, który ustawia raketę (wraz z wagonem) pionowo, po czym wokół rakiety montuje się 4 ramiona chwytakowo-stabilizujące, które obejmują raketę aż do momentu jej startu w kosmos. Następnie ramię chwytakowe wagonu jest zwalniane (prze staje obejmować raketę) i opuszczane na dół, a po zetknięciu z powierzchnią gruntu, wagon odjeżdża. Wagon jest także wyposażony w przeciwwagę, w celu zachowania stabilności podczas ustawiania rakiety po pozycji startowej. Po drugiej stronie wagonu znajdują się stabilizatory, które przytrzymują raketę podczas jej ustawiania. Cały proces jest stabilizowany przez dodatkowe podnośniki opierające się na gruncie w określonych miejscach. W zależności od gabarytów rakiety, stosowane są wagony-ustawiacze o różnych rozmiarach.

Infrastruktura na terenie Kosmodromu Bajkonur

Na obszarze kosmodromu znajduje się zakład wytwarzający do 300 t dziennie produktów używanych jako składniki paliwa raketowego (dwutlenek azotu, hydrazyna i pochodne). Poza tym, na terenie Kosmodromu znajdują się:

- 4 wyrzutnie dla międzykontynentalnych rakiet balistycznych, 9 – dla rakiet nośnych,
- 34 stanowiska dla przygotowania rakiet do lotu w kosmos,
- 600 stacji transformatorowych,
- 1281 km dróg,
- 2784 km plus 6610 km głównych i dodatkowych linii przesyłowych,
- centrum kontroli i monitorowania lotów kosmicznych oraz do przetwarzania danych telemetrycznych,
- urządzenia wytwarzające ciepło 60 MWh.



Rakieta Sojuz na stanowisku startowym, z lewej strony widoczny pociąg energetyczny oraz wagony do transportu paliwa raketowego; data wykonania zdjęcia nieznaną
Fot. NASA

Literatura

- [1] Jusim W.I, Rachman A.D., Modylewski D. H.: *Paroturbinyje energopojezda*, cz. 1–3, M.–L. 1961–1963.
- [2] Praca zbiorowa pod redakcją – Afanasija I. Tobonowa.
- [3] *Sputnik 1*. California Science Center.
- [4] Materiały pozyskane od NASA i Kosmodromu Bajkonur.
- [5] *The Partnership: A History of the Apollo-Soyuz Test Project*. Wydawnictwo NASA.

➤ Dokończenie ze s. 33

Literatura

- [1] Bojda K., Molecki B., Morel O.: *Książkowe rozkłady jazdy – przeżytek czy strażnik jakości oferty?* Rynek Kolejowy 1/2009.
- [2] Frontczak F., Kuczborski S., Kuligowski K., Skoniecki J., Wasilewicz W.: *50 lat elektryfikacji PKP*. WKŁ, Warszawa 1989.
- [3] *Katalog napisów i znaków informacyjnych PKP PKS*. PKP – Centralne Biuro Obsługi Podróżnych POLRES, Warszawa 1970.
- [4] Korycki T.: *Nikomiu niepotrzebne kolejki?* Rynek Kolejowy 3/2007.
- [5] Lamch R.: *D-15 jako znak drogowy – w których kompetencjach?* Biuletyn Komunikacji Miejskiej 126/2012.
- [6] Molecki B. (red.): *Rola samorządu w kształtowaniu transportu regionalnego w Polsce i w Europie*. Politechnika Wrocławska, Wrocław 2010.
- [7] Molecki B.: *Integracja miejskiej i regionalnej informacji internetowej na przykładzie doświadczeń Dolnego Śląska*. Technika Transportu Szynowego 12/2011.
- [8] Molecki B.: *Oznakowanie przystanków autobusowych*. Autobusy-TEST 6/2012 i 7-8/2012.
- [9] Molecki B.: *170 lat techniki kolejowej na Dolnym Śląsku. Przyczyny, przebieg i skutki nacjonalizacji*. Infrastruktura Transportu 1/2013.
- [10] *PKP PLK dostosuje legendę rozkładu do oczekiwań pasażerów*. www.rynek-kolejowy.pl z 09.01.2013 r. (<http://www.rynek-kolejowy.pl/drukuj.php?id=38567> – dostęp 11.01.2013 r.).
- [11] *Ankieta PLK – wyniki*. www.rynek-kolejowy.pl z 10.01.2013 r. (<http://www.rynek-kolejowy.pl/drukuj.php?id=38607> – dostęp 11.01.2013 r.).
- [12] *Rozporządzenie ministra transportu i gospodarki morskiej z 10 kwietnia 2012 r. w sprawie rozkładów jazdy*. DzU 2012 poz. 451.
- [13] *UIC 413. Działania usprawniające podróż koleją*. UIC 2008. www.dworcokolejowe.pl/viewattach.php/przetarg_view/50fa4b72d-1318f241a2df8906e1030d8 (dostęp 22 stycznia 2013 r.).

dr inż. Bogusław Molecki
adiunkt naukowo-dydaktyczny w Zakładzie Logistyki i Systemów Transportowych Politechniki Wrocławskiej