

Problemi sletanja na nebeska tela

Kap. freg. Nikola Safonov, Zagreb

Uspješni letovi automatskih svemirskih stanica-sonda prema Mesecu (Lunik-1, 2 i 3, Ranger), Veneri (Venusnik-1, Mariner-2) i Marsu (Mars-1) ukazuju na mogućnost da će se već u doglednoj budućnosti postaviti problem sletanja sonde na ova svemirska tela. Pri tome sletanje mora biti »meko« da se sonda ne ošteti, jer mora raditi i dalje, tj. automatski vršiti razna merenja i radio-putem prenositi podatke na Zemlju. Pošto se već sada veoma ozbiljno proučava problem leta čovjeka na Mesec, to njegovo sletanje na Mesečevu površinu pogotovo mora biti »meko«, a uz to se nameće pitanje i njegovog bezbednog povratka na Zemlju.

Niz uspješnih letova sovjetskih i američkih kozmonauta u orbiti oko Zemlje ukazuje na to da je sletanje na Zemlju u glavnom već rešeno sa zadovoljavajućom sigurnošću. Sletanje sonde bez posade na Mesec je tehnički već rešeno, ali praktički još nije ispitano iz razloga, jer je dolazilo do kvarova na sondi za vreme leta, tako da se nije moglo izvršiti predviđeno sletanje.

Prije nego će se opisati postignute rezultate općenito će se razmotriti problemi u vezi sa poljetanjem i sletanjem kod svemirskih sondi sa i bez posade.

Satelitska kapsula kreće se u orbiti oko Zemlje ogromnom brzinom, na pr: na visini 293 km iznosi brzina oko 7,73 kilometra u sekundi. Radi spuštanja kapsule na Zemlju potrebno je smanjiti njenu brzinu. Ako se u gornjem primeru smanji brzina kapsule za 60 metara u sekundi onda to dovodi do njenog spuštanja na visinu svega 100 kilometara. Smanjenje brzine ostvaruje se pomoću retro-raketa, tj. raketa-kočnica koje su smeštene u kapsuli; ove rakete dejstvuju protivno smeru kretanja kapsule i time smanjuju njenu brzinu.

Na visini 80 do 100 kilometara kapsula već ulazi u atmosferu, koja je doduše veoma razređena ali zbog velike brzine kapsule pruža jak otpor i time koči let kapsule. Pri ovome čelo kapsule se zagrijava i temperatura može da dostigne 2000° C. To znači da kapsula mora biti izrađena od vatro-stalnog materijala, dok u njenoj unutrašnjosti moraju biti uređaji za klimatizaciju, kako bi se stvorili povoljni uslovi za život i rad kozmonauta odnosno pravilno funkcioniranje raznih uređaja. Uz to kapsula se mora spuštati po tačno određenoj putanji da se održe odgovarajući režimi brzine, a u vezi s tim i zagrijavanje kapsule. Svako odstupanje kapsule od ove putanje je pogibljivo.

U najdonjim slojevima atmosfere, gde ona postaje veoma gusta postiže se dalje smanjenje brzine sistemom padobrana.

Ukopčavanje retro-raketa vrši se na nekoliko hiljada kilometara od mesta sletanja na Zemlju, kako bi usporenje bilo što blaže. Ovde treba napomenuti da se kapsuli mora smanjiti brzina od preko 7 kilometara u sekundi u orbiti na konačno svega nekoliko stotina metara u sekundi u momentu otvaranja padobrana.

Veoma važan problem pri sletanju kapsule je stav kozmonauta u njoj. Uza sve nabrojene mere za smanjenje brzine kapsule kozmonaut u njoj je podržen jakim fizičkim (a naravno i psihičkim) napreznanjima, jer iz bestežinskog stanja u orbiti oko Zemlje u kratkom vremenu prelazi u stanje gde prividno postaje 7 do 10 puta teži, zbog naglog kočenja kapsule. To znači da čovjek koji normalno teži 80 kg oseća se kao da ima 560 do 800 kg! Usled toga najpre dolazi do privremenog iznakaženja izraza lica, zatim čovjek gubi vid i konačno gubi svest. Pri povećanju težine za 7 puta krv postaje teška kao da je od železa.

Ako čovjek pri takvom sletanju sedi ide krv u glavu, što dovodi do gore opisanih fizičkih teškoća. Da bi se smanjio ovaj efekat postoji specijalno »anti-G« odelo, koje je na pojedinim mestima priljubljeno uz telo, čime se smanjuje prelivanje krvi. Ista odela nose piloti ratnih mlaznih aviona.

Najbolje se promena brzine podnosi u ležećem stavu na leđima, jer u tom položaju ne dolazi do prelivanja krvi u krajeve tela, već se samo otežava disanje. Opitima je ustanov-

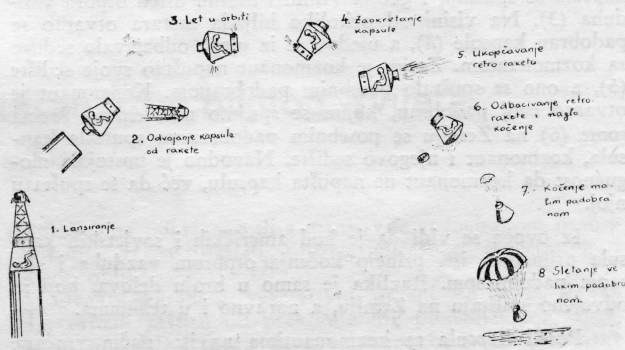
ljeno da pripremljen i uvežban čovjek može podnositi duže vreme prividno povećanje težine za 3 puta (takozvano opterećenje od 3-g), dok povećanje težine za 20 puta samo tokom 3 sekunde.

Ovde je samo ukratko ukazano na problem sletanja kapsule na Zemlju, koju obavlja atmosfera određene debljine i gustoće.

Pri sletanju na Mesec, gde nema atmosfere, fizička naprezanja su slična, ali problem smanjenja brzine ne može se rešiti pomoću otpora vazduha i padobrana. Pošto nema atmosfere to nema ni otpora vazduha. To znači da se celokupno kočenje mora vršiti sistemom retro-raketa, koje moraju toliko smanjiti brzinu kapsule da ona dodirne površinu Meseca sasvim malom brzinom.

U daljem izlaganju ukratko će biti prikazana tehnička rešenja sletanja na Zemlju i Mesec, koja su već ostvarena ili su u fazi projektovanja.

Kod američkih kapsula tipa Mercury (sa kojima su do sada leteli A. B. Shepard, V. J. Grissom, J. Glen, M. S. Carpenter i W. M. Schirra) let se odvijao na sledeći način (vidi sl. 1).

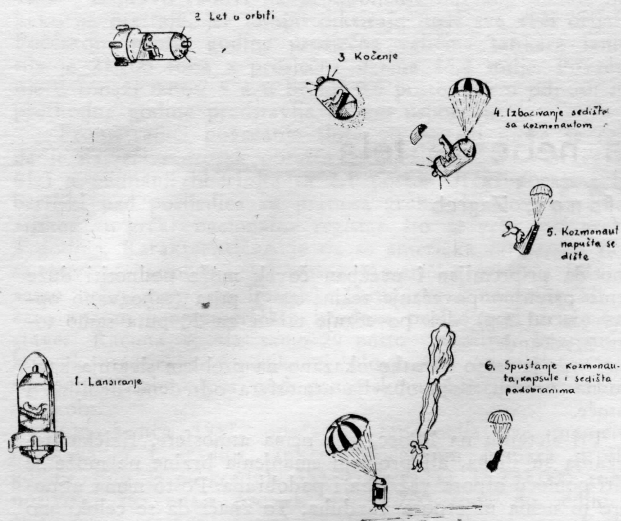


Sl. 1 — Faze leta kapsule tipa Mercury

Kod lansiranja kozmonaut je bio u ležećem stavu licem okrenut u pravcu leta (1). Nakon 2 minute leta kapsula se odvajala od rakete pomoću malih eksplozivnih punjenja (2), a ujedno je odbacila malu sigurnosnu raketu, koja je služila za sletanje u slučaju neuspelog lansiranja. U ovom momentu je težina kozmonauta bila oko 6 puta veća od normalne. Nakon ulaska u orbitu (3) kapsula je održavala pravilan položaj pomoću malih raketa, smeštenih na kapsuli, a kozmonaut je bio u bestežinskom stanju. Pre sletanja kapsula se pomoću istih raketa zaokretala za 180°, tako da je kozmonaut bio okrenut leđima u pravcu leta (4). Zatim su se ukopčale retro-rakete (5) i kapsula je počela da se spušta. Nakon izgaranja retro-rakete su se automatski odbacivale (6). Zbog naglog kočenja tokom pola minute kozmonaut je prelazio iz bestežinskog stanja u stanje težine povećane za 11 puta od normalne! Prednja ploha kapsule usijavala se, dok je u kapsuli bila temperatura oko 35° C.

Na 7000 metara visine otvorao se mali padobran (7), a na visini oko 3500 metara glavni padobran (8), kojim se kapsula spuštala u more. Posle toga kozmonaut je mogao da izađe iz nje ili da ostane u njoj, jer je kapsula imala dovoljnu plivnost.

O sovjetskim kapsulama tipa Vostok (sa kojima su do sada leteli Gagarin, Titov, Popović i Nikolajev) nema detaljnih podataka, ali se pretpostavlja da se je let odvijao na sledeći način (vidi sl. 2).

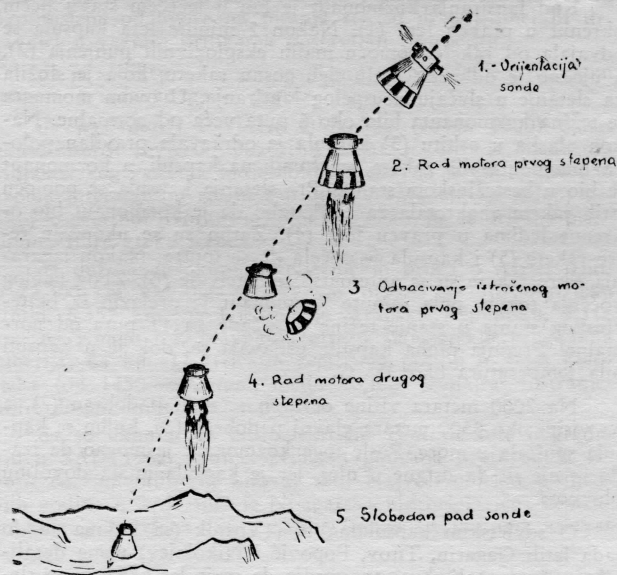


Sl. 2 — Faze leta kapsule Vostok

Kapsula (koja je težila 2,5 tona za razliku od američke kapsule tipa Mercury, koja je težila oko 1,5 tonu) bila je smeštena u okučju, tako da je sve skupa težilo oko 5 tona. Kozmonaut je kod lansiranja sa Zemlje bio u sličnom stavu, kao i kod američkih kapsula (1). Za vreme leta u orbiti (2) kozmonaut je također bio okrenut licem u pravcu leta. Zatim je dolazilo do zaokretanja okučja za 180°, odbacivanja okučja, ukopčavanja retro-raketa i njihovog odbacivanja. Nakon toga kapsula se spuštala i gubila visinu i brzinu usled otpora vazduha (3). Na visini od nekoliko hiljada metara otvarao se padobran kapsule (4), a ujedno se iz njega odbacivalo sedište sa kozmonautom. Zatim je kozmonaut napuštao svoje sedište (5), a ono se spuštalo posebnim padobranom. Kozmonaut je otvarao svoj padobran, kojim se spuštao na Zemlju. Prema tome (6) na Zemlju se posebnim padobranom spuštala kapsula, kozmonaut i njegovo sedište. Navodno je postojala mogućnost da kozmonaut ne napušta kapsulu, već da se spušta u njoj.

Iz ovoga se vidi da je kod američkih i sovjetskih kapsula primenjen isti princip kočenja otporom vazduha i sletanja padobranom. Razlika je samo u broju delova, koji se odvojeno spuštaju na Zemlju, a naravno i u težinama.

Pored kapsula sa kozmonautima na isti način vraćane su na Zemlju i mnoge druge kapsule (sovjetske tipa Sputnik sa psima i drugim živim bićima, tipa Kosmos bez živih bića, američke tipa Mercury sa majmunima i bez njih, tipa Discoverer sa raznim mernim aparaturnama). Može se smatrati da je



Sl. 3 — Faze sletanja sonde Ranger na Mesec

ovaj sistem sletanja već toliko usavršen da skoro uvek besprikorno funkcioniše.

Kao što je već ranije spomenuto, sletanje pomoću padobrana na površinu Meseca ne dolazi u obzir, jer oko njega nema atmosfere. Kod američkih sondi tipa Ranger, koje su trebale da spuste na Mesec aparature za merenje jačine zemljotresa i broja padajućih meteora, problem sletanja rešen je na sledeći način (vidi sliku 3).

Nakon leta sa Zemlje, a u blizini Meseca stupaju u dejstvo male rakete za orijentaciju, smeštene na okučju sonde. Aktiviranje ovih raketa usledi automatski na osnovu merenja udaljenosti do Meseca pomoću radara na sondi. Ove male rakete dovode sondu u takav položaj da njena os bude zakrenuta prema centru Meseca (1), dakle da bude — po analogiji sa Zemaljskim pojmovima — vertikalna. Pri ovom sondu usled sile gravitacije Meseca pada prema njemu brzinom oko 2,7 kilometara u sekundu

Zatim se ukopčava veliki motor prvog stepena (2), smešten ispod sonde, čiji mlaznik je okrenut prema Mesecu. Ovaj motor deluje suprotno pravcu kretanja sonde i smanjuje njenu brzinu na 330 metara u sekundi. Čim ovaj motor utroši gorivo, automatski otpada (3) i ujedno se ukopčava raketni motor drugog stepena, koji treba da potpuno zaustavi pad sonde (4). Prema tome, sonda u jednom trenutku zaustavi se na visini oko 70 metara iznad površine Meseca, a istovremeno prestaje da radi motor drugog stepena. Posle toga (5) sonda slobodno padne na površinu Meseca ali zbog male privlačne sile Meseca razvije brzinu svega 15 metara u sekundi. Udarac pri ovom padu ublažava se sistemom mehaničkih amortizera, tako da instrumenti u sondi ostanu neoštećeni.

Ovakav uređaj je već izrađen ali još nije uspelo praktički proveriti njegov rad. Prve dve sonde Ranger-1 i 2 nisu lansirane prema Mesecu već samo oko Zemlje radi kontrole rada raznih uređaja. Ranger-3 i 5 nisu pogodile Mesec zbog kvarova na uređajima za komandovanje letom te su prošle mimo njega i otišle u orbitu oko Sunca, povećavajući broj veštačkih nebeskih tela, jer oko Sunca kruži već niz drugih sondi, lansiranih ranije za prikupljanje podataka o Svemiru. Ranger-4 stigao je u blizinu Meseca ali zbog nepravilne putanje nije mogao da sleti po predviđenom programu. Pogodio je zadnju, nevidljivu stranu Meseca brzinom oko 9600 kilometara na sat i razbio se.

U bližoj budućnosti predviđa se lansiranje još 4 sonde tipa Ranger (Ranger-6 do 9), koje treba da slete na površinu Meseca pa će se proveriti koliko opisani sistem za sletanje praktički odgovara.

Kod sonde tipa Ranger ne postavlja se zahtev za njenim vraćanjem na Zemlju. Sonda ostaje na površini Meseca i radi sve dok ima u baterijama električne energije za rad mernih mehanizama i radio-predajnika. Zatim se pretvara u mrtav obekak koji će za uvek ostati na Mesecu.

Sasvim drukčiji je problem upućivanja na Mesec kapsule sa kozmonautima, jer za njih treba obezbediti povratak na Zemlju. Poznato je da se u SSSR i SAD vrše veoma ozbiljne pripreme za takav poduhvat, ali iz sovjetskih izvora nema nikakvih pobližih podataka o tehničkim projektima i rešenjima. U SAD se za let na Mesec sa posadom radi na projektu pod nazivom Apollo. Kapsula ovog tipa imaće mesta za posadu od 3 čoveka, a osim toga nosići veoma obimnu mernu aparaturu.

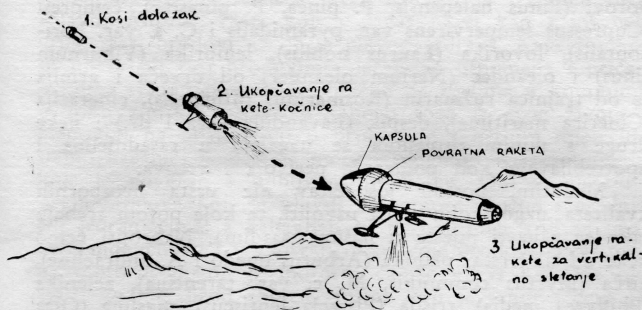
Let do Meseca sa kapsulom pita Apollo biće moguć tek onda kada se razviju rakete odgovarajuće snage, a to su rakete tipa Saturn i Neva. Međutim, neovisno o razvijanju raketa radi se na projektovanju kapsule za posadu.

Pri razradi projekta Apollo uzeto je u obzir više mogućnosti sletanja na površinu Meseca i poletanje sa nje. Verovatno će se većina radnji vršiti putem radio-komandi sa Zemlje ili potpuno automatski.

Jedan od načina sletanja na površinu Meseca bio bi na istom principu kao kod sonde tipa Ranger.

Drugi mogući način bio bi sletanje (vidi sliku 4) u skoro horizontalnom letu u odnosu na površinu Meseca.

Kapsula treba da se približi Mesecu pod blagim uglom (1). U određenom momentu ukopčace se retro-raketa ili raketa-kočnica (2), koja će smanjivati brzinu kapsule. Ujedno će kapsula usled Mesecove gravitacije početi da pada prema njegovoj površini. Kako bi se amortizirao ovaj pad, kapsula će imati na donjem delu raketu za vertikalno sletanje, takozvanu »podupirajuću« raketu. U momentu kada će retro-raketa zaustaviti kretanje kapsule u horizontalnom pravcu ona će prestati sa radom, a kapsula će se zatim blago spustiti po-



Sl. 4 — Faze sletanja kapsule Apollo na Mesec

moću podupirajuće rakete u vertikalnom pravcu. Motor podupirajuće rakete može biti relativno slab, jer je i Mesečeva gravitacija mala i iznosi svega $1/6$ Zemljine; to znači da bi kapsula, koja teži na Zemlji 6000 kg imala na Mesecu težinu svega 1000 kg.

Kapsula treba da ima na prednjoj donjoj strani dve papuče za sletanje. Pri sletanju ovo vozilo bi stajalo na površini Meseca nešto koso.

Ovakav položaj potreban je za povratak kapsule na Zemlju što bi se moralo odvijati na sledeći način. Na zadnjem delu kapsule (između kapsule i okučja retro-rakete) nalazi se »povratna« raketa. Ova raketa ne mora biti toliko jaka kao za poletanje sa Zemlje, opet zbog manje gravitacije Meseca. Povratna raketa mora da potisne kapsulu unapred i da joj obezbedi takvu brzinu da će kapsula biti u stanju da se oslobodi Mesečeve gravitacije. Retro-raketa sa papučama

daje pri tome potreban pravac i nagib kao neka vrsta rampe za poletanje kapsule, a zatim za uvek ostaje na Mesecu.

Pri sletanju na Zemlju kapsula se mora uvesti u pravilnu putanju, tako da uđe u atmosferu na određenom mestu i određenom brzinom. Bar u početku nema izgleda da će se moći primeniti sistem retro-raketa (kao na kapsulama Vostok i Mercury), jer bi to znatno povećavalo težinu vozila pri polasku sa Zemlje prema Mesecu. Prema tome kapsula će leteti duže kroz atmosferu kako bi usled otpora vazduha što više smanjila brzinu. Ovo će prouzrokovati veoma jako zagrevanje njene površine, pa će se morati sprovesti što savršenija termička zaštita posade. Konačno sletanje na površinu Zemlje izvršilo bi se pomoću padobrana.

Kako će izgledati sletanje na površinu nekog planeta za sada se nije razmatralo u detaljima. U ovu svrhu treba najpre prikupiti detaljne podatke o sastavu i debljini atmosfere svakog pojedinog planeta (ukoliko oko njega uopšte postoji neka atmosfera), a isto tako i podatke o gravitaciji tog planeta. Ovakvi podaci moraju se prikupiti pomoću sonde, koje će prolaziti u neposrednoj blizini planeta i izmerene podatke prenositi na Zemlju radio-putem. Jedna od takvih sonde Mariner-2 već je izvršila svoj zadatak prilikom prolaza mimo Venere, a druga Mars-1 nalazi se na putu prema Marsu.

U ovom kratkom prikazu samo uopšteno su dodirnuta pitanja sletanja i objašnjeni principi i rešenja. Očigledno, ovi problemi su veoma široki i komplikovani, a zadiru u sva područja tehnike i nauke, kao što su aerodinamika, tehnologija, raketna tehnika, elektronika (zbog prenosa komandi i proračuna), hidraulika (pokretanje raznih uređaja), metalurgija (vatrostalni metali), biologija, medicina, psihologija itd. itd. Prema tome pri svakom letu u Svemir — pa bio on uspešan ili ne — treba odati priznanje velikom broju tehničkih i naučnih kadrova. Treba računati sa izvesnim postotkom neuspeha, jer ne sme se zaboraviti da su letovi u Svemir još uvek veoma komplikovani poduhvat.