

Andrej Ivanuša

VESOLJSKO DVIGALO

TRANSPORTNI SISTEM IN GEOSTACIONARNA ORBITA

Danes pod pojmom vesoljsko dvigalo razumemo fiksno pritrjen kabel na ekvatorju, ki se razteza preko geostacionarne orbite v vesolje in se uporablja za transport tovora in ljudi na geostacionarno orbito. Protiutež na koncu kabla postavlja masni center iznad geostacionarne orbite. To ustvarja centrifugalno silo, ki nasprotuje sili težnosti in s tem je sistem v ravnotežju. Posebna dvigala prevažajo tovor in ljudi v obe smeri. Vesoljsko dvigalo je usklajeno z rotacijo Zemlje.

Geostacionarna orbita ali tudi geosinhrona ekvatorialna orbita (GEO) je orbita, kjer je predmet, ki kroži okrog Zemlje, navidezno vedno na isti točki na nebu za opazovalca na tleh. To je na višini 35.786 km nad ekvatorjem in predmet mora krožiti v isti smeri kakor kroži Zemlja in z isto hitrostjo. Pravimo, da Zemljo obkroži v enem sideralnem dnevu. Z oddaljevanjem od Zemlje, se zmanjšuje vpliv gravitacije in povečuje vpliv centrifugalne sile. Na tej višini sta obe sili v ravnotežju. Ta orbita je najboljša za t.i. geosinhrono satelite in prvi jo je leta 1928 izračunal in predlagal v svoji knjigi Herman Potočnik Noordung. V literarnem delu je idejo prvi zapisal George O. Smith v svojem romanu Venus Equilateral. Najbolj popularna pa je postala preko del Arthurja C. Clarka in tako jo tudi nekateri imenujejo Clarkova orbita. Obodna dolžina celotne orbite je 265.000 km.



ZGODOVINA IDEJE VESOLJSKEGA DVIGALA

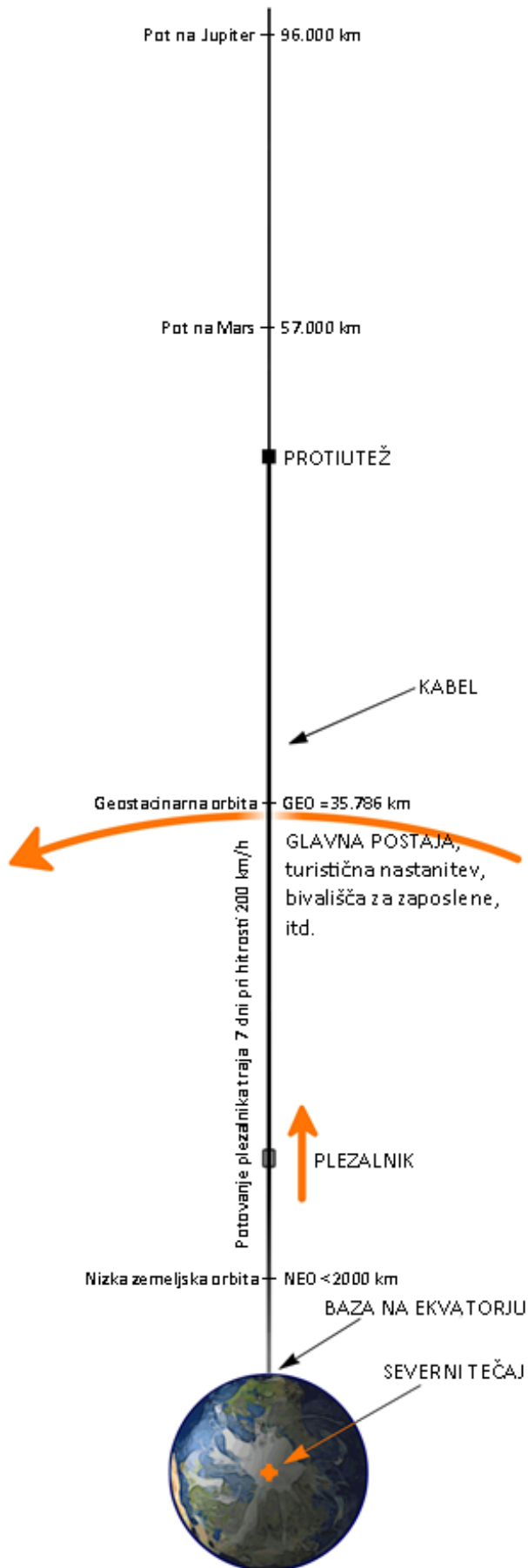
Prvi je zamisel o vesoljskem dvigalu predlagal Konstantin Ciolkovski, ruski kozmolog, leta 1895 po svetovni razstavi v Parizu. Na njej je Eiffel zgradil znameniti jekleni stolp. To je navdihnilo Konstantina, da ga je podaljšal v vesolje. Njegova zamisel je v osnovi pravilna, vendar Zemlja ne bi mogla zdržati teže takšnega stolpa. Pravzaprav bi bila izvedba temeljev za tako zgradbo praktično nemogoča. Ob tem niti nimamo dovolj železa na Zemlji, da bi ga zgradili.

Ruski znanstvenik Juri N. Artsutanov je leta 1959 predlagal drugačno rešitev. Predlagal je, da bi najprej izstrelili geostacionarni satelit. Z njega bi v obe smeri, proti Zemlji in v vesolje, istočasno odvijali kabel. Na koncu kabla bi bila protiutež, ki bi skrbela, da bi bil sistem v ravnotežju. Ko bi odvili kabel do konca, bi ga zasidrili fiksno v točki na ekvatorju. Svoj predlog je objavil v nedeljski prilogi Komsomolskaye Pravde leta 1960 in tam predlagal, da bi kabel imel različno debelino na različnih višinah, kar bi zmanjšalo napetosti v njem. Torej, pri Zemlji bi bil tanjši in se debelil do geo-orbite.

Leta 1966 so ameriški znanstveniki Isaacs, Vine, Bradner in Bachus obnovili idejo in jo poimenovali »Sky-Hook«. V reviji Science so predvsem razmišljali o materialih, ki bi bili potrebni za izgradnjo takšne naprave. Glavni problem so našli pri materialu za izdelavo vrvi. Izračunali so, da bi potrebovali material, ki bi bil vsaj dvakrat čvrstjeji od takrat znanih materialov, kot so grafit, kvarz in diamant, da bi bila zadeva vsaj v osnovi izvedljiva. Pa tudi, da bi moral biti kabel enako debel po vsej svoji dolžini.

Ideja je preveč zanimiva, da bi ja kar tako opustili. Leta 1975 je ameriški znanstvenik Jerome Pearson znova preveril vso zamisel in svoje izračune objavil v reviji Acta Astronautica. Izračune je naredil na predpostavki Artsutanova s kablom spremenljivega preseka. Protiutež je postavil na višino 144.000 kilometrov, kar je skoraj na pol poti do lunine orbite. Tako je upošteval še gravitacijske motnje Meseca, moč vetra v atmosferi Zemlje in težo premičnega tovora na kablju. Izračunal je, da bi potrebovali več kakor tisoč poletov vesoljskega čolnika in tudi transport z vesoljskim dvigalom pred koncem gradnje. Material pa bi verjetno morali pridobivati še z asteroidov, Meseca in Marsa.

Leta 1979 je Arthur C. Clarke uporabil idejo vesoljskega dvigala v zgodbi The Fountains of Paradise. S tem je postala ideja splošno znana. V svojih romanih so jo uporabili tudi Charles Sheffield (The Web Between the



Worlds, 1980), Robert A. Heinlein (Friday, 1982), Kim Stanley Robinson (Red Mars, 1993), David Gerrold (Jumping Off The Planet, 2000), idr.

Na najbolj nenavadno idejo je prišel Joan Slonczewski v zgodbi The Highest Frontier, ki je za gradnjo uporabil biološko samogradno strukturo. Ta je bioinženirsko narejena na mutiranih bacilih antraksa, ki se prehranjujejo z vesoljskimi smetmi, neuporabnimi sateliti in raketnimi stopnjami.

Ko so se pojavile ogljikove nanocevke je David Smitherman, inženir pri NASA/Marshall, leta 1990 uvidel, da bi jih bilo mogoče uporabiti za izdelavo najtežavnejšega dela vesoljskega dvigala – vrvi. To je leta 200 spodbudilo Bradleya C. Edwardsa, da je predlagal izdelavo vrvi iz ogljikovih nanocevk v dolžini 100.000 km in predlagal, da bi jo izdelali kot tanek in širok trak in ne kot okroglo vrv. Tako bi se tudi dvigalo samo lažje vzpenjalo po tako oblikovani vrvi. NASA Institute for Advanced Concepts je idejo podprlo in tako je Edwards svoje delo dopolnil. Razdelal je sistem transporta, način vzpenjanja, prenos energije, izogibanju orbitalnih smeti, sistem sidranja, preprečevanje atomske oksidacije, udarov strel, viharjev, lokacijo sidra, konstrukcijske stroške, čas gradnje in ekološko obremenitev.

Da bi pospešili razvoj vesoljskega dvigala, so objavili nekaj tekmovanj, ki so spodbujala razvoj z dvigalom povezanih tehnologij. Predvsem so spodbujali razvoj plezalnih dvigal – plezalnikov, oblik vrvi iz ogljikovih nanocevk in pogonskih sistemov za plezalnike.

Leta 2005 je LiftPort Group iz New Jerseya v ZDA najavila gradnjo tovarne za izdelavo ogljikovih nanocevk. Leto kasneje so objavili, da so izdelali eno miljo (1,85 km) dolgo vrv, ki so jo sestavljale ogljikove nanocevke in fiberglass in je merila 50 x 1 milimeter. Dvignili so jo z baloni in preizkusili njeno trdnost ter napetost. Za leto 2010 so napovedali, da bodo izdelali vrv, ki bo segala do meje vesolja, torej 100 km visoko, vendar jim to ni uspelo.

V tem času so se tudi Japonci spustili v tekmo za izvedbo vesoljskega dvigala. Leta 2012 je Obayashi Corporation najavil, da lahko v naslednjih 40 letih izdelajo vesoljsko dvigalo. Plezalnik, ki bi prevažal 30 oseb, bi plezal navzgor s hitrostjo 200 km/h in dosegle geo-orbito v 7 in pol dnevih.

FIZIKA VESOLJSKEGA DVIGALA

Vrv dvigala rotira skupaj z Zemljo okrog njene osi. Objekti na vrvi so pod centrifugalno silo, ki jih želi odtrgati in oddaljiti od Zemlje. A osnovna je gravitacijska sila, ki jih želi pritegniti nazaj k tlom. Predmet, ki se vzpenja po vrvi, je vedno manj pod vplivom gravitacije in vedno bolj pod vplivom centrifugalne sile. Obe sili sta v ravnotežju prav na višini geo-orbite.

No, centrifugalna sila se nam zdi kakor navidezna gravitacija. Zemeljska gravitacija je usmerjena navzdol, torej v minus, centrifugalna sila pa navzgor, v stran od Zemlje, torej v plus. Prav na geo-orbiti bi v plezalniku občutili breztežnost.

Na določeni točki sta gravitacija in centrifugalna sila v ravnotežju in objekti na kablu so brez teže. To je prav na geo-orbiti. Za Zemljo je ta točka na višini 35.786 km nad površjem Zemlje na ekvatorju.

Če odklopimo od kabla predmet pod geo-orbito, ga bo gravitacija privlekla k tlom. Če pa predmet odklopimo od kabla iznad geo-orbite ga bo centrifugalna sila potisnila v vesolje, stran od Zemlje.

KABELSKI PROBLEMI

Sam sistem vesoljskega dvigala načeloma ni nič posebnega in je dejansko izvedljiv. Glavni problem predstavlja vrh za kabel po katerem se plezalnik vzpenja. Pravzaprav je največji problem napetost v kablu, ki je večja atomske sile, ki drži atome materialov skupaj in povzroči pretrganje kabla. Notranja napetost v kablu je največja prav na višini geo-orbite. Tukaj bi moral material vzdržati celotno težo od točke sidranja na zemeljski površini do geo-orbite, torej vso težo 35,786 km dolgega kabla! Ob tem pa še težo enega ali več plezalnikov. To dejstvo pogojuje debelino kabla. Tako je najtanjši ob Zemlji in najdebelejši ob geo-orbiti.



MODELI RANJE VESOLJSKEGA DVIGALA

Od leta 1959 so bili razviti številni modeli vesoljskega dvigala. Vsi pa vsebujejo sidro, oz. bazno postajo, kabel, plezalnike in protiutež. Kabel je lahko močno zasidran, pa tudi pripet le na plavajočo formo na oceanu ob ekvatorju. Bistvena je protiutež, ki poravnava kabel in poskrbi, da rotira skladno z Zemljo. Plezalniki, pa se gibljejo navzgor in navzdol po kablu in prevažajo tovor in potnike.

Bazna postaja

V zadnjem času se nagibajo k izdelavi mobilnih ali plavajočih baznih postaj, saj te omogočajo, da se vesoljsko dvigalo z manevriranjem izogiba močnim viharjem, nevihtam in vesoljskim smetem. Ob tem so oceanska sidra v mednarodnih vodah in se s tem investitor izogne plačilom odškodnin.

Edina prednost stacionarnih kopenskih baznih postaj je, da so manj zahtevne za gradnjo, cenejše in logistika dostopa je enostavna in vedno enaka. Ob tem jo je mogoče postaviti tudi na vrh planine ali na vrh visokega stolpa. Tako se izognemo atmosferskim pojavom in vplivom. Ob tem pa je kabel za nekaj kilometrov krajši, kar tudi vpliva na velikost natezne sile v njem.

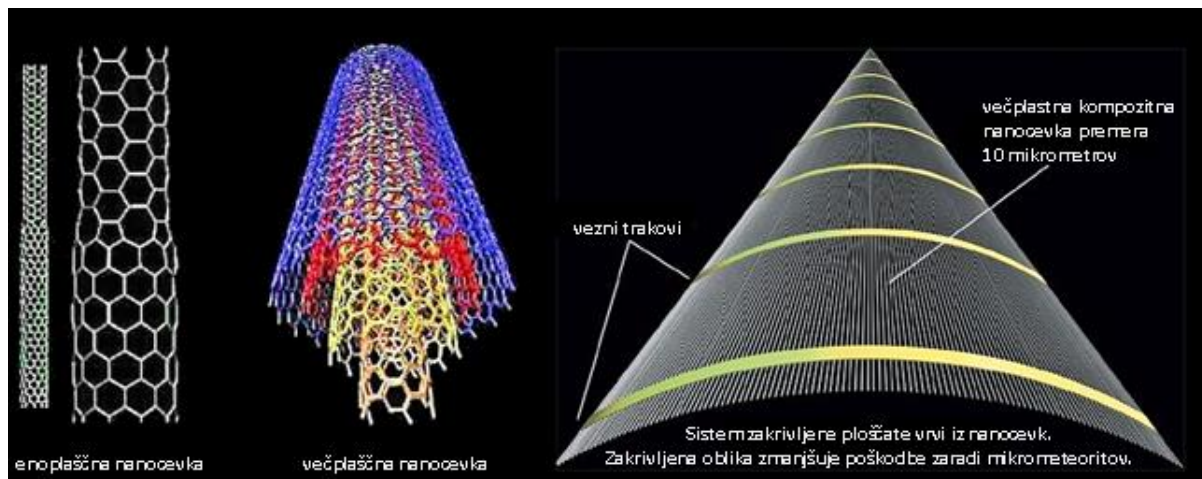
Kabel

Za kabel so dolgo iskali najbolj primeren material. Trenutno je naš favorit kabel in ogljikovih nanocevk. Kot smo že povedali, mora kabel nositi lastno težo in še težo vseh plezalnikov z njihovim tovorom vred.

Najbolj ugodno je, če je tanek pri zemeljskem površju in najdebelejši na geo-orbiti. Material mora prenesti velikansko notranjo natezno silo v kablju. Mora biti torej ultra-lahek in super-čvrst na natezno silo.

Če vzamemo za material titanij, jeklo ali aluminij, bi se kabel zaradi lastne teže pretrgal na višini 20 do 30 km. Moderni materiali kevlar, fiberglass ali ogljikovo-grafitna vlakna bi se pretrgali na višini 100 do 400 km. Zadnji materiali, ki so izdelani z nano-tehnologijo, na primer ogljikove nanocevke ali grafenski trakovi, pa naj bi se po izračunih pretrgali na višini 5000 do 6000 km. Ob tem imajo še to prednost, da lahko po njih prenašamo elektriko.

Ogljik je edini šesti element na periodični tabli in ima primerjalno malo protonov in nevtronov v atomu. Ti namreč največ prispevajo k »mrtvi teži« materiala. Atomske vezi ustvarjajo samo elektroni na zunanji orbitali. Torej je ogljikova moč in stabilnost daleč največja v primerjavi z maso atoma. Ogljikove nanocevke so zaprte strukture izredne čvrstine. Glavni problem je, kako iz majhnih nanocevk izdelati zapletene makro-strukture, torej kabel z nekaj metri premera in z dolžino 72.000 kilometrov (dvojna geo-orbita). Še vedno jih ne znamo povezati v strukture brez mikro-napak. Seveda pa obstaja možnost, da odkrijemo še boljše materiale.



Plezalnik

Plezalniki so bistven element vesoljskega dvigala. Brez njih ni mogoče prevažati ljudi in tovora po kablju. Seveda ne moremo kar prenesti kabine običajnega dvigala na nov sistem in jo samo hermetično zapreti. Tukaj nimamo dodatnih pogonskih kablov in ne strojnice v geo-orbiti. Najti moramo način, kako bodo potovali po kablju s pomočjo zunanjega pogona. Njihova oblika je bila v različnih predlogih zelo različna. Največkrat je odvisna od oblike kabla. Po ploščatem kablju bi se kar kotalili kakor po rolerjih, okrogli kabli zahtevajo posebna objemna kolesa, itd. Nekatere bi uporabili za prenos težjih tovorov in bi bili redkeje v uporabi. Lažji plezalniki, pa bi potovali po kablju pogosteje.

Pri vzpenjanju plezalnikov je potrebno upoštevati Coriolisovo silo. Ta nastane zaradi rotacije Zemlje in povzroča tudi rotiranje zračnih mas (ciklon, anticiklon) ter določa smer oceanskih tokov. Coriolisova sila rahlo upogne kabel. Pri plezanju plezalnika navzgor se kabel upogne proti zahodu in pri njegovem spuščanju proti vzhodu.

Orbitalna hitrost vsake točke je drugačna, vendar je vedno večja, čim bolj se oddaljujemo od površja Zemlje. Najnižjo orbitalno hitrost dosežemo na 66% višine med površjem in geo-orbito. To je na višini okrog 23.400 km. Če takrat spustimo tovor s kabla, bo ta krožil okrog Zemlje v zelo ekscentrični eliptični orbiti. Najnižja točka te orbite komaj preseže točko atmosferskega povratka satelita. Višje ko tovor izpustimo, manj eliptična je krožna orbita satelita. Če tovor spustimo na geo-orbiti, je njegova orbita krožna in predmet ostane v bližini kabla. Seveda pa lahko nadaljujemo z vzpenjanjem in orbitalna hitrost se povečuje. Če izpustimo tovor na višini 100.000 km, lahko satelit, oz. plovilo odpotuje do asteroidnega pasu izza orbite Marsa.

Paziti je potrebno še na naslednje dejstvo. Ko se plezalnik dviguje, ne pridobivamo le višine, temveč tudi kotni moment (horizontalno hitrost) zaradi Zemljine rotacije. Coriolisova sila vleče plezalnik s kabljom vred proti zahodu ob vzpenjanju, kar povzroči, da se rotacija Zemlje tudi za neko vrednost upočasni. Ko se plezalnik spušča, coriolisova sila vleče proti vzhodu, kar povzroči, da se rotacija Zemlje za neko vrednost pospeši. Centrifugalna sila skuša kabel ves čas obdržati v energetsko najbolj ugodni poziciji. To pa je, da je kabel popolnoma navpično in pod pravim kotom glede na zemeljsko površje. Protiutež na koncu kabla ves čas niha okrog najbolj ugodne točke. Sistem deluje kakor na glavo postavljeno nihalo. Masna točka vsega sistema mora biti nad geo-orbito, da ves čas vzdržuje vesoljsko dvigalo v ravnotežju in v najbolj ugodnem

položaju. Tehnično osebje vesoljskega dvigala mora skrbeti, da je operacija plezanja in spuščanja kar najbolj ugodna za sistem. Delovanje protiuteži mora biti kar najbolj skrbno načrtovano in nadzorovano. Zato je tudi hitrost potovanja plezalnika omejena na največ 300 km/h in za potovanje do geo-orbite pri tej hitrosti potrebuje 5 dni.

Pogon plezalnika

Za dvig plezalnika, pa tudi za njegovo spuščanje, potrebujemo zanesljiv, poceni in ne preveč požrešen pogon. Seveda potrebuje energijo za vzdrževanje notranjih sistemov, še posebej je to izpostavljeno pri potniških različicah. Potencialno energijo mora plezalnik hitro pridobiti, da je kabel čim prej pripravljen za naslednji tovor.

Predlaganih je bilo nekaj načinov:

- Brezžični prenos energije
- Prenos energije preko žičnatega sistema
- Hranjenje energije pred startom (nuklearni pogon)
- Uporaba sončne energije

Trenutno največ obeta laserski pogon. Naprava je na Zemlji in z laserskim žarkom dviguje plezalnik po kablu. Nekaj megavatov močan laser v kombinaciji z zrcali premera 10 metrov naj bi ustvaril dovolj moči za dvig plezalnika. Odvečna energija pa bi se naj odbijala s toplotnimi ščiti, ki pa dodajajo nekoristno težo k plezalniku.

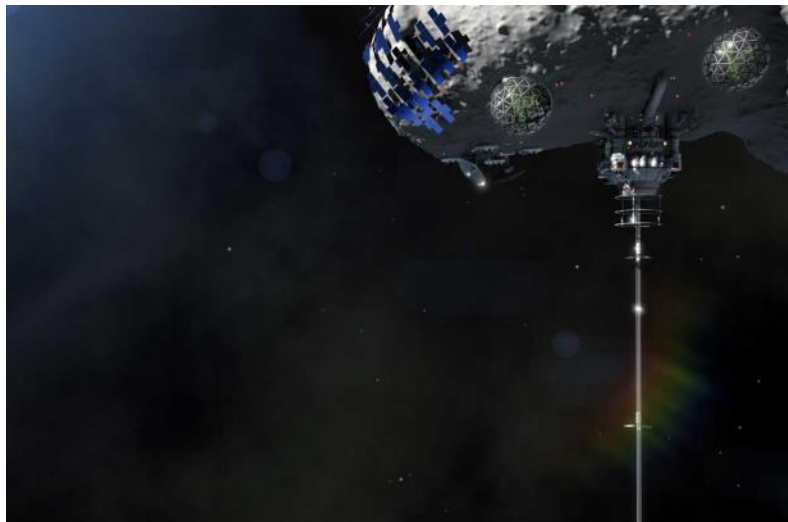
Drug zanimiv predlog je podal Yoshio Aoki, profesor precizne mehanike na univerzi Nihon in direktor Japan Space Elevator Association. Predlaga, da bi dodali še en kabel iz ogljikovih nanocevk po katerem bi prenašali električno energijo.

Protiutež

Na konec kabla je potrebno obesiti protiutež. Predlogi zanjo so:

- Težek, zajet asteroid;
- Vesoljski dok, vesoljska postaja ali vesoljsko izstrelišče izza geo-orbite;
- Nadaljevanje, podaljšanje kabla, ki bi s svojo težo in povečano centrifugalno silo predstavljal protiutež;
- Uporabljeni gradbeni plezalniki, druge vesoljske smeti in material, ki je bil namensko dvignjen kot del protiuteži.

Podaljšanje kabla je zelo preprosta ideja. Ob tem bi plezalnik, ki bi priplezal do tja, dobil zelo velik pospešek. Ko bi zdrsnil s kabla, bi se lahko odtisnil v medplanetarni prostor, torej bi imel dovolj hitrosti za potovanje izven našega Osončja. Slabost je ta, da bi potrebovali še enkrat toliko materiala kot smo ga potrebovali za gradnjo kabla do geo-orbite. V tej točki bi delovala na kabel tudi dvojna sila notranjega natega.



VRATA DO GLOBOKEGA VESOLJA

Na višini 53.100 km objekt doseže ubežno hitrost. Satelit izpuščen na tej višini ima dovolj veliko hitrost, da se odtrga od Zemljine gravitacije. Za doseganje Lagranževih točk L1 in L2 (gravitacijski privlek nebesnih teles je v teh točkah v ravnotežju) moramo doseči višini 50.630 km in 51.240 km. Za pot na Luno je potrebno doseči višino 50.960 km.

V kolikor bi zgradili dvojno Pearsonovo vesoljsko dvigalo, bi dosegli višino 144.000 km. Tangencialna hitrost na njegovem koncu je 10,93 km/s in z njo bi bilo mogoče doseči Jupiter. Ta gigantski planet pa lahko uporabimo kot vesoljsko fračo in s pomočjo njegove gravitacijske asistencije posežemo tudi medplanetarni prostor izven našega Osončja.

Seveda je mogoče zgraditi vesoljsko dvigalo na drugih planetih, lunah ali asteroidih. Marsovsko dvigalo bi bilo lahko mnogo krajše od Zemljinega, saj ima ta planet slabšo gravitacijo, ki doseže le 38% zemeljske. Njegova rotacijska hitrost je le malo manjša od naše. Na Zemlji traja en obhod 24 ur, na Marsu pa 25 ur. Tako je njegova sinhrona orbita mnogo bližje površju planeta. Material iz ogljikovih nanocevk bi popolnoma zadoščal za izdelavo marsovskega vesoljskega dvigala. Problem predstavlja njegova lunica Phobos, ki kroži v nižji orbiti in vsakih 11 ur in 6 minut preseka ekvatorialno raven.

Tudi naš Mesec bi bilo mogoče uporabiti za izdelavo vesoljskega dvigala. Ker je njegova gravitacija zelo nizka, bi zadoščal le 50.000 km dolg kabel. Težava je v tem, da je njegova rotacija zelo počasna, saj za eno rotacijo potrebuje okrog 28 dni in ne obstaja dovolj efektivna stacionarna orbita. Če ga zgradimo na vidni strani, lahko uporabimo Lagranžjevo točko L1. Na temni strani bi lahko tudi postavili kabel, ki pa bi moral biti dvakrat daljši od Zemljinega. Vendar bi ga bilo mogoče zaradi nizke lunine gravitacije zgraditi iz jekla, aluminija, titana in podobnih materialov.

Hitro rotirajoči asteroidi bi bili tudi primerni za izgradnjo majhnih vesoljskih dvigal. Seveda pa bi z njimi le izstreljevali material, ki bi ga na njih kopali, na pot proti Zemlji. Prav tako bi bilo mogoče z njihovo pomočjo ustvariti generatorje energije, kot je predlagal Freeman Dyson, angleški fizik in matematik.

Tudi na oddaljenih dvojnih sistemih, kot sta na primer Pluton in Charon, bi bilo mogoče zgraditi vesoljsko dvigalo s pomočjo njihovih medsebojno vplivnih gravitacijskih polj. Problem bi bilo izdelati sistem s spremenljivo dolžino kabla. To je potrebno zato, ker ti planeti krožijo po precej eliptičnih orbitah.

IZGRADNJA SISTEMA

Sedaj nam je jasno, da je izgradnja takšnega sistema mogoča. Vendar še vedno potrebujemo napredek na področju inženirstva, proizvodnje in fizikalne tehnologije. Prvo vesoljsko dvigalo bo kar precej stalo, kasnejši sistemi pa vedno manj.

Pred predlogom Edwardsa leta 2000 so vsi razmišljali o gradnji kabla v vesolju. Menili so, da je to nujno potrebno predvsem zaradi njegove dolžine in zaradi velikanskega volumna protiuteži. Mnogi so predlagali, da bi uporabili asteroide iz naše neposredne soseščine kot gradbeni material. To pa pomeni, da bi bilo potrebno najprej v vesolju zgraditi proizvodno tovarno, ki bi ji dostavljali asteroide. Tako bi bilo potrebno najprej zgraditi vesoljska plovila za njihovo lovljenje. Ob tem pa še pripraviti vso podporno industrijo v vesolju. Praktično nemogoča naloga.

Po predlogu za izvedbo kablov iz ogljikovih nanocevk so pričeli razmišljati o manjših proizvodnih sistemih v vesolju. Kabel bi proizvajali na Zemlji in ga navili na velikanske bobne. Te bi neposredno izstreljevali v vesolje. Kable bi tam z njih razvili in stikovali skupaj.

Proizvodna enota bi bila kar na geostacionarni orbiti in bi od tam razvijali kabel proti Zemlji in v stran od nje. Tukaj bi sproti dodajali protiutež glede na dolžino odvitega kabla. Novejše ideje predlagajo, da bi kar sam boben predstavljal protiutež. Tega bi počasi oddaljevali od geo-orbite, ko bi se kabel razvijal navzdol. Ko bi dosegel bazno postajo, bi ga zasidrili. Tako bi bil kabel ves čas pod napetostjo in možno bi ga bilo takoj uporabiti še za gradnjo geo-orbitalne postaje. Tako bi se takoj od začetka po njem vzpenjali sestavni deli in stroji za gradnjo.

Na začetku bi bile v uporabi klasične rakete. Te bi zmogle prenesti tovor teže 19.800 kg. Osnovna vrv bi dovoljevala prevoz teže 619 kg po posameznem plezalniku. Ti bi dodajali sekundarno vrv in za njeno izgradnjo bi potrebovali 207 vzponov. S tem bi se povečal presek kabla. Doseči bi bilo potrebno kabel premera 160 mm na njegovem najširšem premeru v geo-orbiti. Teža kabla bi bila 750 ton in po njem bi lahko plezal plezalnik s kapaciteto tovora 20 ton.

Na začetku bi plezalniki potrebovali okrog 5 dni do geo-sinhrono orbite. Zemljo obdajajo Van Allenovi radiacijski pasovi, ki nas sicer ščitijo pred nevarnim sončevim vetrom. Zato so polni radiacije in bi bilo potrebno plezalnike za prevoz oseb zaščititi pred njo. Namreč skozi pasove bi potovali več ur in doza prejete radiacije bi preseгла dovoljeno mejo. To znižuje koristno težo posameznega plezalnika in omejuje število oseb na 30 po posamezni napravi.

Vsekakor bi morali okrog dvigala omejiti letalske polete. Problem so tudi vsi predmeti, ki krožijo okrog Zemlje na orbitah, ki so nižje od orbite protiuteži. Danes je v krožnicah okrog Zemlje že nekaj 1000 kosov neuporabnih delov vesoljskih plovil in seveda še vsi aktivni sateliti. Tako je Edwards predlagal, da je protiutež opremljena z raketnimi motorji, ki omogočajo, da kabel zamaknemo v poljubno smer in se s tem izognemo trkom z večjimi deli, ki jim je mogoče slediti. Udarce manjših pa bi kabel moral prestati brez težav, kar bi naredili z ustrezno obliko kabla.

EKONOMIJA VESOLJSKEGA DVGALA

Z uporabo vesoljskega dvigala bi bila cena izstrelitve posameznega vesoljskega plovila le del cene, ki je danes potrebna za izstrelitev raket. Kilogram tovora izstreljen s konvencionalno raketo do geo-orbite stane okrog 25.000 dolarjev (po cenah iz leta 2000). Simulacije kažejo, da bi bilo mogoče isto težo s pomočjo vesoljskega dvigala prepeljati za ceno od 220 do 350 dolarjev. Torej le za 1,4% sedanje vrednosti.

PODOBNE ZAMISLI

Sodobna ideja vesoljskega dvigala obsega prečiščene zamisli trojice znanstvenikov Ciolkovski - Artsutanov - Pearson (CAP) in je osnova načrta, ki ga pripravlja International Space Elevator Consortium. Osnova je statična bazna postaja zasidrana na kopnem, ki drži kabel brez kakršnekoli protiuteži. Tovor spleza po kablu in na koncu dobi ustrezno tangencialno hitrost. Ko zdrsne s kabla, se utiri v določeno orbito s pomočjo lastnih raketnih motorjev.

Leta 1977 je Hans Moravec predlagal »A Non-Synchronous Orbital Skyhook«, ki je v bistvu nekakšna velikanka prača. Rotirajoči kabel bi bil krajši, a bi zaradi lastne rotacije dal plovilu dodaten pospešek. Predvsem bi bila frača primerna za zajetje satelitov na nižjih orbitah, po dodajanju dodatne rotacije in s tem pospeška pa bi jih »metala« na višje orbite.

Obstajajo ideje, da bi izdelali visoke stolpe, ki bi segali izven atmosfere. Bili bi podobnim drogovom za zastave in bi dosegali višino 100 km. Ti bi zmogli utiriti manjše satelite v nizke orbite okrog Zemlje. Kanadski znanstveniki predlagajo manjše drogeve do višine 20 km. Plovilo bi se dvignilo ob njih s pomočjo pnevmatskih struktur. Uporabljali bi jih v turistične namene, za komunikacijo, generiranje vetra in nizko-cenovnih izstrelitev majhnih satelitov v nizke orbite.

Ideje povezane z vesoljskim dvigalom so še orbitalni obroč, pnevmatični vesoljski stolp, vesoljska fontana, izstrelitvena zanka, nebesna kljuka, vesoljski povodec, vesoljska gred, itn.

Andrej Ivanuša

KONSTANTIN EDUARDOVIČ CIOLKOVSKI

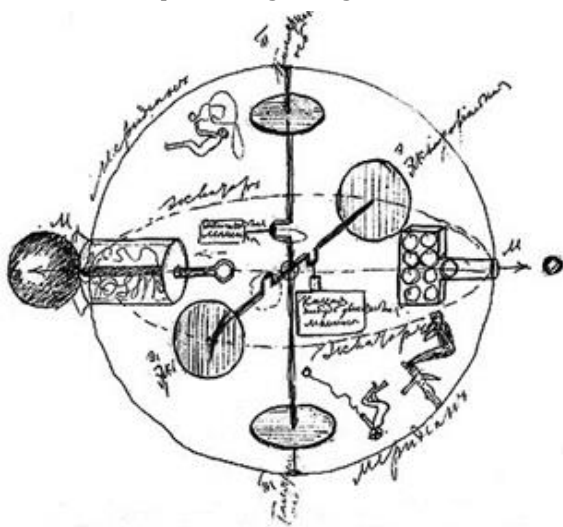
Konstantin Eduardovič Ciolkovski (1857-1935, rusko: Константин Эдуардович Циолковский; poljsko: Konstanty Ciołkowski) je bil rojen v vasi Iževskoje (danes Rjazanska oblast, distrikt Spaski) materi Mariji Jumaševi in očetu Edvardu Ciołkowskemu, ki je bil poljskega porekla. Mati je bila izobraženka, oče je bil gozdar, učitelj in nižji vladni uradnik. Pri desetih letih starosti je prebolel škrlatinko in ob tem skoraj oglušel. Ko je imel 13 let, je njegova mati umrla. Zaradi težav s sluhom je prenehal obiskovati šolo in se je pričel sam izobraževati. Veliko je bral in se kmalu navdušil nad matematiko in fiziko. Že kot najstnik je pričel razmišljati o vesoljskih potovanjih.

Skupaj z Američanom Robertom Hutchingsom Goddardom (1881-1945), Nemcem Hermannom Julijem Oberthom (1894-1989) in Slovencem Hermanom Potočnikom Noordungom (1892-1929) je eden od začetnikov sodobne raketne znanosti in astronautike. Njegovo delo je navdušilo ruska znanstvenika Sergeja Pavloviča Korovljeva (1907-1966) in Valentina Petroviča Gluška (1908-1989), ki sta začetnika ruskega, ter Nemca Wernerja von Brauna (1912-1977), ki je osrednja osebnost ameriškega vesoljskega programa.

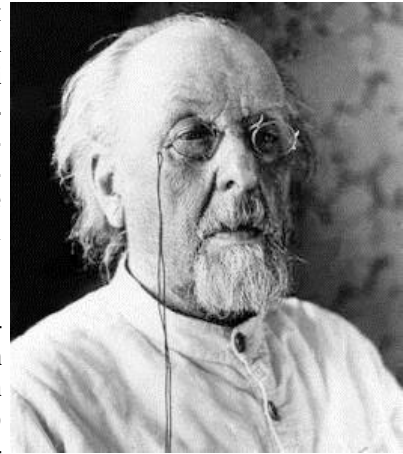
Ciolkovski je skoraj vse svoje življenje preživel na obrobju mesta Kaluga, ki leži kakšnih 200 km jugozahodno od Moskve. Bil je samotar in za svoje someščane čudak in posebnež. Poskusil je tudi študirati v Moskvi, vendar so bile težave s sluhom prevelike. Zato je tri leta ves svoj čas preživel v knjižnici, kjer je redno prijateljeval s knjižničarjem Nikolajem Fjodorovom (1828-1903), ki je bil prav tako »vesoljski« navdušenec. Ob tem je prebiral Julesa Verna in se navduševal nad njegovimi knjigami iz katerih je črpal nove ideje. Ob koncu tega obdobja je bil prepričan, da je usoda človeške rase kolonizacija vesolja. To bo pripeljalo do izpopolnitve človeške vrste, do njene nesmrtnosti in brezskrbne eksistence.

Oče je zahteval, da zaključi katerokoli šolo. Tako je naredil izpite za učitelja in se zaposlil na šoli v mestecu Borovsk v bližini Moskve. Oženil se je z Varvaro Sokolovayo in se preselil v mesto Kaluga. Ampak prvi desetletji 20. stoletja sta bili zanj katastrofalni. Leta 1902 je njegov sin Ignaty naredil samomor. V poplavih leta 1908 so bili uničeni vsi njegovi dotedanji zapiski. Leta 1911 so njegovo hči Lybovo zaprli zaradi revolucionarnih aktivnosti.

Vendar je prebrodil vse težave. Napisal je preko 400 del, ki niso na splošno znana. Od tega je objavil 90 del, ki so povezane s potovanjem po vesolju. V njih je prikazal načine izdelave raket, pogonskih sklopov, večstopenjskih vesoljskih plovil in vesoljskih postaj. Natančno je opisal, kako izvesti zračno zaporo za prehod iz vesoljskega plovila v vesolje, izdelal zaprte biološke sisteme za proizvodnjo hrane in kisika v vesoljskih kolonijah. Po odprtju svetovne razstave v Parizu leta 1895 in navdušenju nad Eifflovim stolpom, je bil prvi človek, ki je prišel na idejo o vesoljskem dvigalu. Dejansko je razmišljal o tem, da bi zgradili velikanski stolp, ki bi segal do geosinhrone orbite 36.000 km visoko.



Ciolkovskijeva prva skica sistemov vesoljskega plovila



Njegovo najpomembnejše delo je izšlo leta 1903 z naslovom Raziskovanje vesoljskega prostora s pomočjo reaktivnih plovil (rusko: Исследование мировых пространств реактивными приборами). Tukaj je izračunal, da je mogoče vzdrževati nizko orbito okrog zemlje pri hitrosti 8 km/s in da je to mogoče doseči s pomočjo večstopenjske rakete, ki jo poganjata tekoči vodik in kisik. V naslednji knjigi pa je že uspel izračunati ubežne hitrosti z Zemlje, iz osončja, itn., torej, hitrost, ki je potrebna, da raketa ubeži iz primeža gravitacije. Vse je opravil teoretično in ni nikoli zgradil nobenega modela. Vendar njegovi izsledki v celoti ustrezajo realnemu svetu.

Njegova dela so bila na zahodu dolgo časa prezrta, saj je podprl boljševiško revolucijo in novo sovjetsko oblast. Leta 1918 so ga sprejeli v Socialistično Akademijo znanstvenikov. Ruski znanstveniki so obilno uporabljali njegova dela in tako zelo uspešno tekmovali z ZDA pri osvajanju vesolja. Šele po drugi svetovni vojni so o njem pričeli brati na zahodu.