

SES ' 2005

Scientific Conference "SPACE, ECOLOGY, SAFETY" with International Participation
10–13 June 2005, Varna, Bulgaria

КОСМИЧЕСКИ ОТПАДЪЦИ

П. Панова

*Аерокосмически системи за управление, Институт за космически изследвания-Българска
Академия на науките,
България, София 1000, ул. Московска 6, e-mail: ppanova@space.bas.bg
Tel.:02 9883503, Fax.:02 9813347*

SPACE DEBRIS

P. Panova

*Aerospace Control systems, Space Research Institute- Bulgarian Academy of Sciences
Bulgaria, Sofia 1000, 6 Moskovska St. P.O.Box 799, e-mail: ppanova@space.bas.bg
Tel.:+359 2 9883503, Fax.:+359 2 9813347*

Abstract

*In the paper is looked at the problem depends on the space contamination surrounding the Earth
with space debris including trusting stages debris or rockets particles and not in use satellites.*

Key words: space, debris, stages, satellites

Космическото пространство около Земята е започнало застрашително да се замърсява с отпадъци. Космическите отпадъци са понятие за всеки предмет, направен от човек, изведен на орбита около Земята и неизпълняващ полезна цел. Това включва изоставен космически апарат, горната степен на изстрелваните апарати и отпадъци получени в резултат на маневри на космическите апарати. Космически отпадъци могат да се създадат и като резултат от експлодиране или сблъскване на летателният апарат, твърдите моторни отпадъци на ракетите, частици от удари или малки люспи боя получени от термичното налягане [2].

Постоянното внедряване от човека на тези неестествени компоненти, или космическо замърсяване, се ускорява поради постоянното нарастване на броя на изстрелванията от индустриализираните страни. Тези отпадъци съществуват на много различни височини и на всички инклинации. Проблемите, свързани с космическите отпадъци, са резултат от обратно навлизане на останките към земната повърхност или удари със Земята, резултат от сблъсквания на космически отпадъци с активен космически кораб, намаляване на озона, влияние на наблюдението, проследяването и комуникацията. Най- големите концентрации на остатъци има при инклинации по посока на полюса на 60° , 80° и 100° [6].

Повече от 9,000 предмета по- големи от 10 cm в диаметър обикалят около Земята на ниска орбита. Тези с размери между 1 и 10 cm са повече от 100,000. Повечето от тях са на орбита на височина 2,000 km от повърхността на Земята движейки се със скорост 7-8 km/s (FIG.1,2). Въръжаването на космоса ще направи още по- голям проблема с отпадъците и дори една война в космоса може да постави цялата планета в една обвивка от фучащи, движещи се с голяма скорост отпадъци което след това може да направи пространството около Земята високовраждебно за мирни и военни цели.

Названието “Междувездни войни” за ракетна отбрана достатъчно точно отразява фантазията на хората за това как нещата работят в космоса. Но в действителност космосът не е чист след една експлозия близо до нашата планета. Фрагментите продължават да обикалят около Земята като орбитите им пресичат тези на други предмети [3]. Отломки, болтове, парчета от експлодирани ракети- всички те вече са едни мини сателити пропътуващи около 27,000 km/h, 10 пъти по- бързо от високоенергичен куршум, изстрелян от пушка. Всичко, което те удрят, ще се унищожава и отпадъчния слой около Земята ще се увеличава. Има доказателства от наблюдения с наземни лазери, че 16 от общо 31 атомни реактори използвани от Russian RORSATs (Radar Ocean Reconnaissance Satellites) са изгубили своите охладители и последващите активни зони на изхвърляне на орбити между 700 и 950 km височина. Размерът на натриево-калиевите капки варира от 6 mm до 4.5 cm и изглежда да съставляват обща маса 50 kg [4].

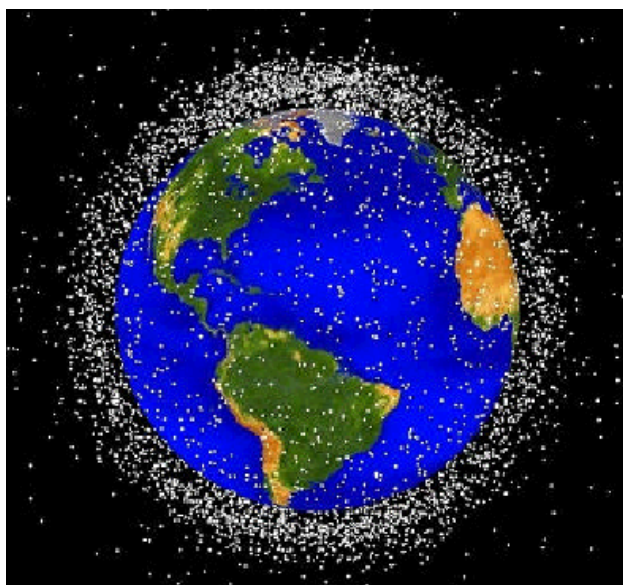


FIG.1

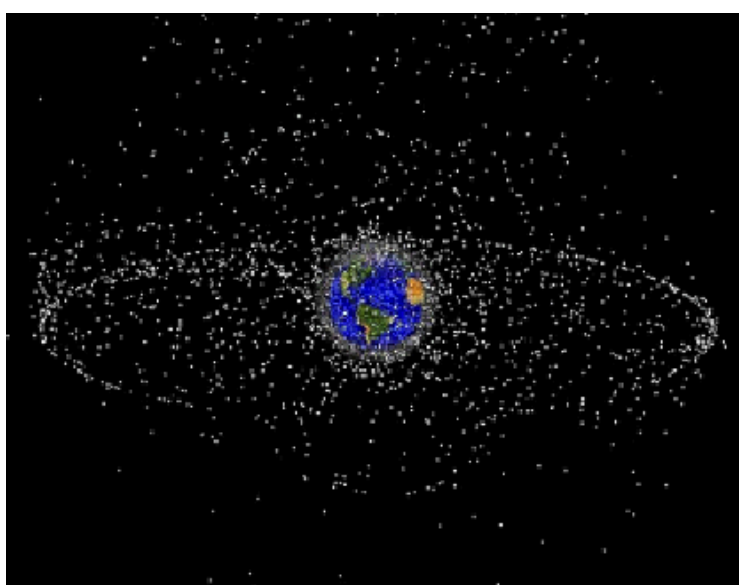


FIG.2

За намаляване на количеството отпадъци се използва издигане на геосинхронните сателити на по- висока орбита в края на техните мисии, но не винаги. Предизвикателството е в това да се поощрят операторите и конструкторите от космическата индустрия, преди да бъде изстрелян сателитът, как техният космически апарат ще бъде свален от орбита или изведен отново на орбита в края на времето му на съществуване[2].

С достатъчно отпадъци на орбита, парчетата ще започнат да се сблъскват с други парчета и ще ги раздробяват, което се превръща в удряне на още повече парчета, освобождавайки верига от реакции на разрушение, което пък ще доведе до смъртоносна ареола около Земята. За да функционира един сателит в този облак от милиони мини ракети ще е невъзможно: повече никакви телескопи Hubble или международни космически станции. Дори тези на по-висока орбита и GPS сателитите ще бъдат изложени на опасност [1].

Повечето сателити са на ниска орбита (с височина 300 km нагоре до 2000 km), дори метеорологичните сателити и военните наблюдаващи сателити. Тези ниски орбити позволяват по-висока разделителна способност на изображенията и е по-лесно да бъдат достигани от изстрелваните апарати. Например сателитът на NASA LANDSAT-7 е на 705 km- орбита, а на ESA ERS-2 е на 780 km-орбита. И двата сателита са на слънченосинхронни блискополярни орбити.

Но такива сателити вече са в повишен риск от космическите отпадъци. На височина 2000 km има около 3,000,000 kg отпадъци внедрени само от човешката дейност. Повечето от тази маса е около 3000 употребени ракетни степени и деактивирани товари. Приблизително са 4000 предмети с размери няколко cm или по- големи (40,000 kg), повечето от които са резултат от повече от 100 сателитни раздробявания. Основната

заплаха за нискоорбиталните сателити се дължи на твърди 1000 kg с размер 5 cm или по-малки отпадъчни части, които не могат да бъдат проследени и са многобройни. Плътноста на такива предмети е значително по-голяма на 900-1000 km и 1500- 1700 km. Нарастването на отпадъчните предмети ще увеличи заплахата дори на по-ниските орбитални спътници. Обкръжение от отпадъчни предмети очевидно ще е много враждебно за ниските сателитите. Военните наблюдаващи системи могат да откриват само 'сателити' по-големи от 10 cm до 1 m. Техният брой нараства всяка година освен когато слънчевата активност се увеличава [1].

Приетият модел за обкръжението на космическите отпадъци е този на Kessler, Reynolds и Ans-Meador: "Orbital Debris Environment for Spacecraft Designed to Operate in Low Earth Orbit". Съгласно модела нарастващият поток от орбитални отпадъци с размер d (cm/diameter) на височина h (LEO), наклон i , в година t , когато слънчевата активност за предишната година е била S , се дава с уравнението:

$$F(d,h,i,t,S) = H(d)F(h,s)Y(i) [F_1(d)g_1(t) + F_2(d)g_2(t)],$$

където F = flux, удари/ m^2 /година

$$H(d) = [10 \exp(-(\log_{10} d - 0.78)^2 / 0.637^2)]^{1/2}$$

$$F_1(d) = 1.22 \cdot 10^{-5} d^{-2.5}$$

$$F_2(d) = 8.1 \cdot 10^{-10} (d + 700)^{-6}$$

$$g_1(t) = (1 + q)(t - 1988) \text{ for } t < 2011$$

$$g_1(t) = (1 + q)^{23} (1 + q')(t - 2011) \text{ for } t > 2011$$

$$g_2(t) = 1 + p(t - 1988)$$

q и q' = годишното нарастване на фрагментите на орбита, $q = 0.02$, $q' = 0.04$

p = годишното нарастване на масата на орбита, $p = 0.05$

Функцията $Y(i)$ = инклинацията в зависимост от потока; за $i = 28.5^\circ$, $Y(i) = 0.91$. [6]

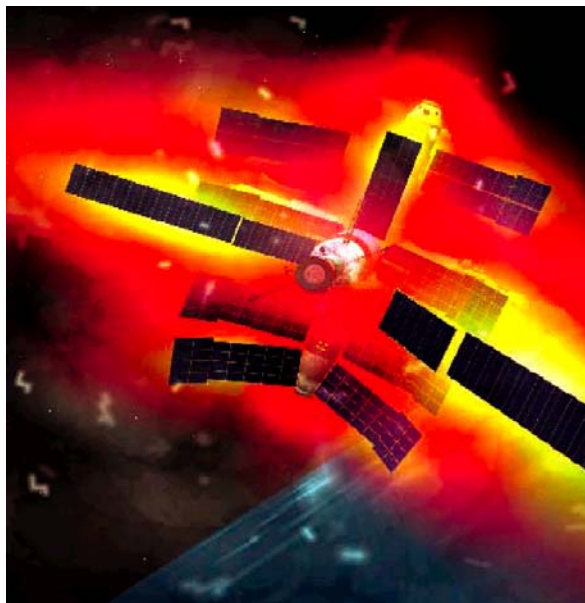


FIG.3

Отпадъците оставащи на орбита под 600 km обикновено падат обратно на Земята в рамките на 10 години, докато тези на 800 km стоят на орбита десетилетия и повече.

ного отпадъци не оцеляват на прекомерната топлина при навлизане в атмосферата на Земята. Предметите които преминават падат в океаните или в рядко населени места. Предмет с маса 1 g се движи с 7 km/s и лесно може да повреди сателит. Ако тежи повече от няколко грама, сателитът може да бъде напълно разрушен с големи загуби на приходи за комерсиален сателит. Колкото повече се натрупват фрагменти от изстрелваните апарати и други предмети на орбита, може да има значителен риск за космическия апарат (FIG.3) [2].

Три седмици след като ракетата Pegasus се разпадна през юни 1996, отпадъците са концентрирани все още в тънка линия. След три месеца леката асиметрия на гравитационното поле на Земята е започнало да разширява разликите на първоначалните

орбити. След девет месеца отпадъците са се разпростряли чувствително. Трябва да се отбележи, че първоначално отпадъчните предмети се движат в пакет, който бавно се разпада. Shuttle може да избегне събраните парчета, но по-късно рискът от удари от различни страни статистически се увеличава (FIG.4).

Атмосферата на Земята прогресивно изтънява към космоса и влиянието на атмосферата върху сателитите е по-малко на по-големи височини. Сателитите на по-ниски орбити (често военни следящи сателити на височина около 200 km) имат естествено време на съществуване на орбитата дни преди да навлязат обратно в по-ниската атмосфера. На по-високи орбити времето им на съществуване се увеличава на хиляди години и сателитите на геостационарна орбита могат да останат там неопределено време. За компенсиране на атмосферното въздействие много сателити носят малки ракетни двигатели. Когато сателитът достигне края на времето му за използване двигателите могат да се използват понякога да изтласкат сателита на по-висока орбита или да се доближат до контролирано обратно връщане на сателита за да изгори или безвредно да се приземи. Такива планове могат да се объркат и сателитът да не изгори или да се приземи, а да остане като навлизащ рисков предмет. Например FSW-15 е бил проектиран да се върне контролирано 8 дни след изстрелване така че товарът му да бъде възстановен. Моторите му са изгорели при една грешна ориентация и сателитът е бил изтласкан на по-висока орбита и оставащ без гориво, след това са нужни 2.5 г. за повторно връщане извън контрол. Рискове съществуват и когато сателитът не успява да достигне желаната орбита заради погрешни функции в етапа на изстрелване.

NASA е проектирала части от космическата станция с щит, който да дава защита срещу обекти по-малки от 1 cm. Разбира се защитата срещу по-големи обекти ще бъде прекалено скъпа. Отпадъци от 0.5 до 20 cm/диаметър са по-проблемни тъй като са прекалено големи за предпазване от тях и твърде малки, за да се улавят и избягват. През 2001 Международната Космическа Станция трябваше да избегне една скоба изпусната от астронавта Джим Вос при излизането му в открития космос. Французинът трябваше да намери начин да запази стабилен един сателит, когато надлъжният балансир беше разделен на две след удяране с останки в една от техните собствени ракети Ariane [5].

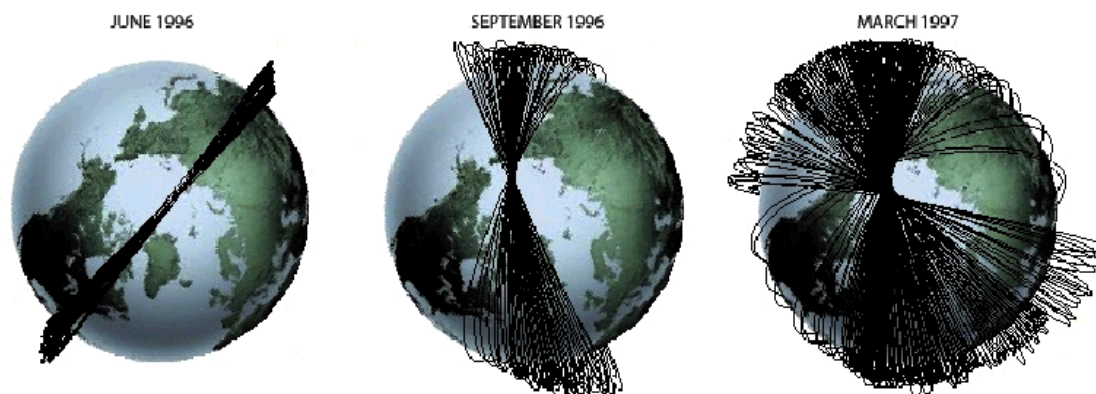


FIG.4

Заклучение

Космическите агенции трябва да предприемат активни стъпки за предотвратяване от натрупването на отпадъци и това е една насърчителна първа стъпка, която NASA и ESA са постигнали при елиминирането на експлозиите на горните степени на Delta и Ariane, което беше основен проблем. Но са необходими повече усилия и може би е необходимо да се прояви специален космически кораб, който да отстрани по-големите парчета на височините, където вече е достигната критичната плътност [3].

Сега има повече от 8700 обекти по-големи от 30-40 cm на ниска и по-големи от 1 cm на геостационарна орбита, регистрирани в US Space Command Satellite Catalogue. US Space Command проследява тези обекти с радари и оптични телескопи за определяне на техните

орбити и други параметри, включително размерът им. Приблизително 6% са функциониращи космически апарати, 21% са стари, 17% са ракетни степени, 13% са останки от мисии, 43% са фрагменти най-вече от експлозии или сблъсъци. Следователно около 94% от регистрираните предмети повече не служат за някаква полезна цел и като цяло се отнасят към космическите отпадъци [4].

Литература

1. Primack, Joel R.-Debris and Future Space Activities, USA, 2002
2. British National Space Center, Space Debris, 2002
3. Primak, J.- Pelted by paint, downed by debris, Bulletin of atomic scientists, V.58, 2002
4. D. Mehrholz, L. Leushacke –Detecting, tracking and imaging space debris, ESA, Bul.109, 2002
5. Erik Baard- Increased Traffic Around Earth Calls for Stronger Spacecraft, 2002, www.space.com
6. MESHISHNEK, M. J. -Overview of the Space Debris Environment, SPACE AND MISSILE SYSTEMS CENTER, 1995