

Úklid vesmírného smetí

Dnes již víme, že odpadové hospodářství má nezpochybnitelný význam jak třeba v obecním, tak i v globálním měřítku. Sklárky, sběrné dvory, spalovny a další zařízení na svoz a zpracování odpadů nejrůznějšího původu se každým dnem plní a odpadu stále přibývá. Málokomu také unikla informace o odpadových skvrnách v oceánech.

A vesmír (oběžná dráha Země) začíná vypadat obdobně. Prvním objektem plující m na obloze se stal ruský Sputnik 1. Ten byl vypuštěn na oběžnou dráhu 4. října 1957 z Bajkonuru a odstartoval tak éru dobývání vesmíru. I když Sputnik 1 po třech měsících shořel v atmosféře, nebyl zdaleka posledním umělým satelitem vypuštěným do kosmu. Od té doby bylo uskutečněno tisíce startů družic, raket, lodí, satelitů a dalších zařízení, které nám mají ulehčovat životy, přinášet nové zprávy a objevy z blízkých i vzdálených planet a jejich měsíců.

Avšak v průběhu desetiletí, satelitů a družic začalo přibývat. Lidstvo začalo využívat moderní technologie: GPS, předpověď počasí, snímkování Země, rádiová komunikace, vysílání televizních stanic, mobilní telefony a nespočet dalších vynálezů moderního světa potřebuje právě nějaký přijímač na oběžné dráze. Avšak ne každá mise a start některého z vesmírných programů byla úspěšná, a ne každý objekt na oběžné dráze stále funguje. Ba naopak. Jejich vzájemné kolize, poruchy, meteorické roje a další faktory zapříčinily jejich zničení, jež jsou doprovázeny vznikem tisíců úlomků různých velikostí. Například čínská raketa měla v roce 2007 za úkol zničit nefunkční meteorologickou družici. Výsledkem byl vznik 3,5 tisíce nových sledovatelných objektů a mnohem více dalších menších (nesledovatelných) úlomků.

Riziko také představuje vysoká kinetická energie jak trosek, tak i funkčních vesmírných těles, která dosahuje až 25 000 km/h. Kolize i s velmi malým úlomkem takové rychlosti může pro družice a vesmírné stanice znamenat fatální problém. Senzory globální sítě Space Surveillance Network (SSN) v současné době monitorují pohyb asi 27 000 kusů orbitálního odpadu. Naneštěstí, po oběžné dráze putuje nespočetné množství odpadu, které nedosahuje dostatečných rozměrů na to, aby je bylo možné lokalizovat a popřípadě tak provést určité kroky pro znemožnění kolize s jiným vesmírným tělesem, jako je třeba ISS, nebo Crew Dragon, na kterých se nachází lidská posádka.

Co se do velikosti vesmírného odpadu týče, ty největší se pohybují v řádech metrů. Jsou to například nefunkční kosmické lodě, stupně nosných raket a další. Zhruba 23 000 kusů odpadu je větších, než softballový míček. Asi půl milionu kusů odpadu je větších než 1 cm a přibližně 100 milionů kousků přesahuje rozměr jednoho milimetru. Ještě více trosek má rozměr pouhých pár mikrometrů. Při výše zmíněné rychlosti mohou nebezpečí představovat i „skvrny“ barvy a laku. Proto bylo nezbytné vyměnit několik poškozených oken vesmírných lodí za nové.

Na sledování a monitoringu vesmírného smetí se podílejí NASA společně s ministerstvem obrany, které vede velmi přesný katalog objektů na oběžné dráze Země. Většina takových objektů přesahuje velikost 10 cm. Jak již bylo zmíněno, tento katalog zahrnuje přibližně 27 000 objektů. Množství objektů na oběžné dráze Země menších než 4 cm NASA statisticky určuje pomocí speciálních pozemních satelitů.

Riziko kolize s jakýmkoliv objektem se odvíjí od velikosti kolidujících předmětů. Celkem existují 3 stupně takových hrozeb. První stupeň je určen pro objekty 10 cm a větší, které jsou sledovány pomocí SSN. Pro takové objekty je nejefektivnější vyhodnocení jejich konjunkce a následné provedení určitých manévru, které by kolizi zabránily. Ostatní objekty jsou pro provedení takových operací příliš malé. Kryty proti troskám umístěné na modulech Mezinárodní vesmírné stanice jsou účinné proti objektům obvykle menších než 1 cm.

NASA se v případě možné kolize musí řídit řadou dlouhodobých pokynů. Na konci každého procesu stojí vyhodnocení, zda je konkrétní hrozba natolik relevantní, aby bylo nutné provést kroky zamezující kolizi a zajistila bezpečí posádky na ISS. Rizikem se NASA začíná zabývat, pokud se neznámý objekt dostane do prostoru kolem ISS, takzvaného „pizza box“. Tento prostor má tvar kvádra o rozměrech 4 x 50 x 50 km, přičemž ISS se nachází v samém středu. Pokud dojde k potenciální hrozbě a neznámý objekt se pohybuje po trajektorii, která by mohla ohrozit ISS a získaná data o objektu jsou dostatečně přesná, střediska řízení mise v Houstonu a v Moskvě zahájí spolupráci na řešení problému a vytyčí pro ISS obezřetný postup. Pokud je šance kolize vesmírného odpadu s ISS větší než 1:100 000 bude proveden úhybný manévr, pokud nebude mít vážný dopad na cíl mise. Pokud je šance vyšší než 1:10 000, provádí se manévr za předpokladu, že nenastane pro posádku další nebezpečí. Manévry jsou většinou malé a provádějí se 1 až několik hodin před konjunkcí. Každý takový manévr vyžaduje 5 hodin výpočtů a příprav, než ruské trysky, nebo pohonné systémy na ukotvených vesmírných lodích, provedou samotný úhybný manévr. ISS takových manévru provedla do roku 2020 29 takových manévru. V posledním roce byly celkem 3.

Avšak ne vždy je dostatek času, nebo poskytnutá data nejsou natolik přesná, aby opravňovala k takovým úkonům, jako je posunutí ISS a vyhnutí se tak kolizi. V takových případech se mohou řídicí střediska dohodnout, že nejbezpečnějším řešením je přesunutí posádky ISS na palubu ruského Sojuzu, nebo do komerční americké lodě, která se běžně používá pro přepravu astronautů mezi vesmírnými stanicemi.

NASA vyvinula software pro vyhodnocování konjunkcí již v roce 1988. Před vypuštěním prvního modulu ISS v roce 1998 byl celý proces vyhodnocení konjunkce ve spolupráci NASA a ministerstva obrany zmodernizován. Obdobný proces NASA zavedla i pro vybraná robotická zařízení na oběžné dráze, a to v roce 2005. Tento systém byl implementován na satelity jako jsou Earth Observation System, jehož misí je dlouhodobé pozorování zemského povrchu, biosféry, atmosféry a oceánů a Tracking and Data Relay Satellite System, který slouží ke komunikaci s nízkoletícími družicemi, jako jsou americké raketoplány a ke komunikaci mezi kontinenty. Od roku 2007 mají tento systém všechny manévrovatelné satelity NASA na nízké oběžné dráze Země.

Odstraňování vesmírného odpadu se stává stále více a více akutním problémem, který se určitým způsobem dotýká každého člověka na zemi. Proto již vzniklo několik projektů a výzkumů, jak tento problém řešit. Nejvíce se hovoří o pronásledování a uchopování objektů, vypouštění sítí k zachycení objektů, použití elektrodynamického lana, nebo odstranění trosk pulzním laserem. Právě poslední metoda je vzhledem ke snadné obsluze, krátké době odezvy, nízké ceně a možnosti opakovaného použití považována za nejslibnější způsob odstraňování vesmírného odpadu z nízké oběžné dráhy Země.

Nejčastěji zmiňovaným projektem je ORION, jehož cílem je vyčistit oběžnou dráhu ISS od malých objektů. Několik výzkumů se zabývalo účinností pozemních a vesmírných družic. Ukázalo se, že každý systém má své nedostatky. Například operační prostor pozemního systému je vzhledem k velké vzdálenosti, geografické poloze a atmosférickým ztrátám velmi malý. Nicméně by měl takřka neomezený přístup k energii, což vesmírný systém nemá. Naproti tomu operační prostor vesmírného systému by byl nesčetně krát větší, stejně jako síla laseru. Proto byl vynalezen hybridní systém, který využívá pozemní i vesmírné laserové družice. Pokud vesmírný odpad vletí do prostoru pozemního systému nejdříve, postup pro odstranění je následující:

1. Odpad vstoupí do operačního prostoru pozemního systému a ten začne odpad ozařovat.

2. Pokud se podařilo úlomky odstranit, mise byla úspěšná a ozařování odpadu může být ukončeno. Pokud ne, je nutno počkat, dokud se odpad nedostane do operačního prostoru vesmírné laserové stanice, která může následně zahájit ozařování.
3. Pokud jsou úlomky odstraněny, celá operace může být úspěšně odstraněna. Pokud ne, je nutno, dokud se úlomky nedostanou do ozařovacího prostoru pozemního ozařovacího systému a celý proces musí být zopakován.

I když je tento systém vhodný pro odstraňování odpadu již od rozměru 1 cm a do hmotnosti 500 kg, je tu velká pravděpodobnost pro vytvoření nových úlomků odpadu. Tento systém by byl schopen vyčistit oběžnou dráhu Země do výšky 1000 km nad mořem v horizontu 4 let.

Pokud bychom se měli zaměřit na jiné metody čištění oběžné dráhy, bylo by nutné odlišit metody zachycování odpadu a metody jeho odstraňování. V procesu „chytání odpadu“ jsou uplatňovány mechanismy jako jsou chapadla, jedno, či více robotických ramen, sítě, upínací chapadlo anebo harpuna. Každá z těchto metod má své výhody i nevýhody a nelze tak jednoznačně určit, která metoda je nejlepší. Většina kontaktních metod, jako jsou chapadla a ramena, vystavuje družice velkému nebezpečí kolize s odpadem a je tak vyžadována vysoká přesnost celé operace. Metoda využívající harpunu sice umožňuje flexibilní spojení, ale nastává zde vysoká možnost rozpadu odpadu a vznik nových, menších fragmentů. Síťové zachycení je těžko ovladatelné a testování na zemi neumožňuje simulovat podmínky oběžné dráhy.

Podobně tomu je u metod odstraňování odpadu. Zde je nejčastěji zmiňován drag augmentační systém, elektrodynamické lanko, bezkontaktní odstranění a metoda odstranění kontaktu. Drag augmentační systém využívá zvýšení odporu atmosféry. Toho se dosáhne tak, že je odpad obalen pěnou, nebo je na něj ukotven nafukovací míč. Tím je dosaženo většího poměru plocha: hmotnost odpadu a dojde tak k nárůstu odporu atmosféry. Elektrodynamické lanko má velkou výhodu v tom, že nepotřebuje vlastní pohonný systém, nicméně je potřeba odpad zachytit pomocí ramene, nebo harpuny. Bezkontaktní odstraňování umožňuje i operace na velkou vzdálenost a je vhodná pro odstraňování odpadů různých rozměrů. Jeho nevýhodou je menší efektivita a nevyužitelnost pro geostacionární oběžnou dráhu, která se nachází přibližně 36 000 km nad povrchem Země. Poslední metodou je tzv. odstranění kontaktu. Z nosiče na oběžné dráze je vypuštěno zařízení s vlastním pohonným systémem a pomocí adheze k odpadu přilne a pomocí pohonu jej odkloní z jeho původní oběžné dráhy.

<https://history.nasa.gov/sputnik/sputorig.html>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030402617306137>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094576521004720#fig12>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042115300221#s0060>

https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html

https://en.wikipedia.org/wiki/Earth_Observing_System

https://cs.wikipedia.org/wiki/Tracking_and_Data_Relay_Satellite

Aktuální informace ohledně ISS

Rusko pomocí testovací rakety zničilo jednu ze svých vyřazených družic, přičemž došlo ke vzniku přibližně 1 500 kusů sledovatelných úlomků, které nyní ohrožují ISS. Posádka byla evakuována do kosmických lodí, jelikož na úhybné manévry bylo příliš pozdě. Trosky údajně míjí ISS každých 93 minut a veškerá vědecká činnost je na stanici zastavena.

https://www.seznamzpravy.cz/clanek/jako-z-katastrofickeho-filmu-rusko-zpusobilo-historicky-maler-rika-expert-180589#dop_ab_variant=660301&dop_source_zone_name=hpfeed.sznhp.box&dop_req_id=noCLIHvarl1-202111162158&dop_id=14255842&utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu