A

الأمم المتحدة

Distr.
GENERAL

الجمعية العامة

A/AC.105/663
13 December 1996
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

لجنة استخدام الفضاء الخارجي
في الأغراض السلمية

الخطوات التي اتخذتها وكالات الفضاء لتقليل امكانية تزايد الحطام الفضائي أو تسببه في أضرار

تقرير من الأمانة

المحتويات

	الفقرات	الصفحة
مقدمة	١-٣	١
أولا - السياسات العامة للتقليل من الحطام	٤-١١	٢
ثانيا - تقنيات التقليل من الحطام المستخدمة في مركبات الاطلاق	١٢-١٩	٧
ثالثا - الحيلولة دون نشوء الحطام بسبب الحوادث	٢٠-٢٩	٩
رابعا - حماية بيئة المدار الثابت بالنسبة للأرض	٣٠-٣٧	١٢

مقدمة

١ - كانت اللجنة الفرعية العلمية والتقنية التابعة للجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية ، ابان دورتها الثالثة والثلاثين ، قد نوهت مع التقدير بالتقرير الذي أعدته الأمانة عن مختلف الخطوات التي قامت بها وكالات الفضاء لتقليل امكانية تزايد الحطام الفضائي أو تسببه في أضرار (A/AC.105/620) ، وأوصت باستيفائه سنويا بما يستجد (A/AC.105/637 ، الفقرة ٨٤) .

٢ - ثم أقرت تلك التوصية لجنة استخدام الفضاء الخارجي في الأغراض السلمية ابان دورتها التاسعة والثلاثين .(١)

٣ - وقد أعدت الأمانة هذا التقرير استجابة لذلك الطلب الموصى به ، وهو تقرير يستند الى المعلومات الجديدة المقدمة من الدول الأعضاء ، وكذلك من المنظمات الفضائية الوطنية والدولية .

أولا - السياسات العامة للتقليل من الحطام

٤ - حددت الادارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (ناسا) التابعة للولايات المتحدة الأمريكية ، في البند ١٧٠٠ - ٨ من تعليماتها الادارية ، المعنون "السياسة العامة بشأن الحد من نشوء الحطام المداري" ، سياستها العامة الرامية الى استخدام أساليب تتبع في مجالي التصميم والعمليات من أجل الحد من نشوء الحطام المداري بما يتسق مع مستلزمات البعثات الفضائية وتحقيق الفعالية من حيث تكلفتها ، وفرضت على كل برنامج أو مشروع اجراء تقدير يبين الامتثال لتلك التعليمات . وتنفيذا لتلك السياسة العامة ، أسند مكتب ضمان السلامة وأمان البعثات التابع للادارة "ناسا" الى مركز جونسون الفضائي في هيوستن ، تكساس ، التابع أيضا للادارة نفسها ، مهمة وضع مبادىء توجيهية محددة في هذا الخصوص . وقد أدى القيام بذلك الى وضع البند ١٧٤٠ - ١٤ من معايير السلامة لدى "ناسا" ، وهو بعنوان "المبادىء التوجيهية واجراءات التقدير الخاصة بالحد من الحطام المداري" . كما ان جميع الأنشطة التجارية الخاضعة لسلطة وزارة النقل في الولايات المتحدة ، تخضع أيضا للوائح التنظيمية لدى مكتب النقل الفضائي التجاري . وهي تستلزم من كل مقدم طلب في هذا الصدد أن يتناول فيه مسائل السلامة فيما يتعلق بعملية الاطلاق لديه ، بما في ذلك المخاطر المرتبطة بالحطام المداري والسلامة في المدار وأخطار الرجوع الى جو الأرض .

٥ - كما أن وزارة الدفاع في الولايات المتحدة تناولت بوضوح في "السياسة العامة بشأن الفضاء" الصادرة عنها في شباط/فبراير ١٩٨٧ ، موضوع الحطام المداري باعتباره عاملا من العوامل المعني بها في تخطيط العمليات الفضائية العسكرية . فذكرت وزارة الدفاع في تلك السياسة العامة الفضائية ، أنها ستسعى الى التقليل الى أدنى حد من تأثير الحطام الفضائي في عملياتها العسكرية . كما انها ستسعى ، في تصميم وعمليات اختباراتها وتجاربها ونظمها الفضائية ، الى التقليل الى أدنى حد من تراكم الحطام الفضائي ، أو التخفيف منه ، بما يتسق مع مستلزمات البعثات الفضائية . وقد أثبتت الخبرة المكتسبة لديها من تجاربها الفضائية التي تنطوي على نشوء حطام مداري ، أنه يمكن تحقيق تلك المساعي بتوخي العناية في التخطيط . وقيل على سبيل المثال ، ان أجسام الحطام كلها تقريبا الناشئة عن اختبار مبادرة الدفاع الفضائي "دلتا - ١٨٠" ، رجعت الى جو الأرض في غضون ستة أشهر ، لأن الاختبار أجري على ارتفاع منخفض بقصد زيادة سرعة تهاوي مدار الحطام . وكذلك فان قيادة الفضاء الأمريكية استلزمت ، في البند ٥٧ - ٢ من لوائحها التنظيمية ، المعنون "التقليل الى أدنى حد من الحطام الفضائي والتخفيف

من آثاره" ، تقدير تأثير تدابير التصميم والعمليات ، الرامية الى التقليل الى أدنى حد من الحطام والتخفيف منه في النظم الفضائية العسكرية .

٦ - كما شددت الولايات المتحدة على أهمية قضية الحطام الفضائي في سياستها العامة الوطنية بشأن الفضاء ، الصادرة في ١٩ أيلول/سبتمبر ١٩٩٦ . فبينت أن الولايات المتحدة ستسعى الى التقليل الى أدنى حد من نشوء الحطام الفضائي ، وأن الادارة "ناسا" ومعشر الأجهزة الاستخبارية ووزارة الدفاع ستلجأ الى التعاون مع القطاع الخاص على وضع مبادىء توجيهية بشأن التصميم من أجل مشتريات الحكومة في المستقبل من المركبات الفضائية ومركبات الاطلاق والخدمات اللازمة لذلك . ولسوف يعنى في تصاميم وعمليات الاختبارات والتجارب والنظم الفضائية ، بالتقليل الى أدنى حد من الحطام الفضائي أو التخفيف منه بما يتسق مع مستلزمات البعثات وتحقيق الفعالية من حيث تكاليفها .

٧ - بيد أن التدابير الرامية الى الحد من نشوء الحطام الفضائي يجب أن تقوم باتخاذها وتنفيذها معا ، على أساس متعدد الأطراف ، الدول ذات المركبات الفضائية . وقد أصدرت لجنة معايير التصميم اللازمة للوقاية من الحطام الفضائي التابعة لجمعية علوم الملاحة الجوية والفضاء في اليابان (جساس) ، في آذار/ مارس ١٩٩٦ ، التقرير النهائي بخصوص قواعد السلامة ومعايير التصميم الصادرة عن الوكالة الوطنية للتطوير الفضائي (ناسدا) في اليابان . واستنادا الى ذلك التقرير ، وضعت "ناسدا" قواعد ومعايير التخفيف من الحطام الفضائي (معيار "ناسدا - ١٨") وأصدرتها في ٢٨ آذار/مارس ١٩٩٦ . وقد بحثت المقارنة بين المبادىء التوجيهية واجراءات التقدير المستحدثة في معايير السلامة ١٧٤٠ - ١٤ الصادرة عن "ناسا" ومعيار "ناسدا - ١٨" ، ابان الندوة الدولية العشرين بشأن تكنولوجيا وعلوم الفضاء ، التي عقدت في جيفو ، اليابان ، يومي ١٩ و ٢٠ أيار/مايو ١٩٩٦ ، ثم عرضت تفاصيل المعايير ابان الدورة السابعة والأربعين للمؤتمر الدولي للملاحة الفضائية ، الذي عقد في بكين ، في الفترة من ٧ الى ١١ تشرين الأول/أكتوبر ١٩٩٦ .

٨ - ويشمل معيار "ناسدا" تدابير التخفيف التالية :

(أ) ابطال فعالية المركبة الفضائية ومراحل الأجزاء العليا في نهاية البعثة ؛

(ب) اعادة تحديد مدار المركبة الفضائية وأجزاء المراحل العليا في نهاية البعثة ؛

(ج) التخلص من الأجسام في مدار الانتقال الثابت بالنسبة للأرض درءا للمخاطر المحتملة في المدار الثابت بالنسبة للأرض ؛

(د) التقليل الى أدنى حد من الحطام المطروح أثناء سير العمل الاعتيادي ؛

(هـ) المبادرة بعد البعثة الى التخلص من المركبة الفضائية من المدار الأرضي المنخفض .

٩ - ووفقا لمعيار "ناسدا" الحالي ، ينبغي وضع خطة لمراقبة التخفيف من الحطام الفضائي تكيف بحسب كل برنامج بذاته ؛ علما بأن كل مدير من مديري مشاريع "ناسدا" مطالب باعداد خطة لتخفيف الحطام الفضائي ، بما في ذلك بيان الأسس النظرية الملائمة بشأن البنود التي يطلب استثناؤها من تلك الخطة . كما ان جهات الصنع مطالبة أيضا بتقديم خطة مماثلة . ثم تقوم في وقت لاحق لجنة استعراض تدابير السلامة التابعة للوكالة "ناسدا" باستعراض كل خطة من تلك الخطط . ولا يمنح الاستثناء الا بمقتضى بعض الشروط المعينة ؛ اذ قد يسمح لبعض المشاريع ، التي تكون قد بلغت حاليا مرحلة متقدمة من دورة اعدادها ، بمخالفة بعض مقتضيات معيار "ناسدا - ١٨" . ولكن ينبغي أن يتم توحيد اجراءات هذه الأنشطة التقديرية بحلول عام ١٩٩٧ . وكان من المزمع بحلول نهاية سنة ١٩٩٦ نشر كتيب يوضح كلا من تلك المقتضيات ويقدم بيانات تقنية ومبادىء توجيهية للوفاء بمقاصد السياسة العامة بشأن مراقبة الحطام الفضائي .

١٠ - وبحسب معلومات متلقاة من مركز الفضاء الوطني البريطاني ، اقترحت الأحكام التالية بغية ادراجها في معايير السلامة الخاصة بوكالة الفضاء الأوروبية من أجل منع نشوء الحطام الفضائي أو سقوط أجسامه على الأرض أو ارتطامها بالأرض :

(أ) ينبغي توفير الوسائل اللازمة لمنع مخاطر سقوط أجسام الحطام الناجمة عن سقوط مرحلة مركبة الاطلاق ، في حالة اخفاق عملية الاطلاق ، أو الناجمة عن عدم التحكم بخروج المركبة الفضائية من المدار أو تهاوي مدارها ، أو الناجمة عن عناصر النظم الفضائية التي يحتمل أن تبقى بعد الرجوع الى جو الأرض ؛

(ب) ينبغي تجنب نشوء الحطام الفضائي في المدارات التي يتكرر تقاطعها مع المسارات المدارية التي تستخدمها نظم فضائية ؛

(ج) لا ينبغي للعمليات الاعتيادية أن تؤدي الى نشوء حطام فضائي في المدار من خلال رمي أو تسييب القطع أو قذف الشظايا ؛

(د) ينبغي اتباع طرق سليمة في تبديد الموائع المضغوطة الداسرة والطاقة الكهربائية والآلية (الميكانيكية) المخزونة التي تظل في النظم والعناصر المدارية في نهاية البعثة . كما ينبغي ضمان ألا تشكل السوائل المطروحة سواقط من القطيرات ؛

(هـ) لا ينبغي أن تظل النظم الفضائية وعناصر النظم الفضائية أيضا ، بما في ذلك أجزاء مراحل مركبات الاطلاق ، في المدارات التي يبلغ حضيض ارتفاعها أدنى من ٠٠٠ ٢ كم ، مدة أطول من ٢٥ سنة بعد استكمال البعثة العملياتية . كما ان عمر النظم الفضائية وعناصر النظم الفضائية المداري ما بعد انتهاء عملياتها ، بما في ذلك أجزاء مراحل مركبات الاطلاق ، في المدارات التي يبلغ حضيض ارتفاعها أدنى من ٠٠٠ ٢ كم ، ينبغي أن يقتصر على مدة ٢٥ سنة ، ويمكن تحقيق ذلك بالمبادرة فورا الى اخراج الجسم الفضائي من المدار بعد اتمام البعثة ، أو نقله الى مدار حد العمر الأقصى فيه ٢٥ سنة . ويجب أن تحدد القدرة على المناورة عند نهاية العمر وفقا للقواعد واللوائح التنظيمية لدى الهيئات القائمة بعمليات الاطلاق والبعثات ؛

(و) في نهاية عمر التشغيل ، ينبغي نقل المركبة الفضائية من المدار الأرضي الثابت ووضعها في مدار مخصص للتخلص من الحطام ارتفاع حضيضة لا يقل عن ٣٠٠ كم فوق المدار الثابت بالنسبة للأرض ؛

(ز) اذا كان من الضروري فصل محرك التقوية الأوجية من ساتل في مدار ثابت بالنسبة للأرض ، فينبغي أن يقع ذلك في مدار تزامني فائق لا يقل ارتفاع حضيضة عن ٣٠٠ كم فوق المدار الثابت بالنسبة للأرض ؛

(ح) أجزاء المراحل العليا المستخدمة لنقل مركبة فضائية على مدار ثابت بالنسبة للأرض من مدار النقل الثابت بالنسبة للأرض الى مدار ثابت بالنسبة للأرض ، عند اتمام البعثة ، ينبغي ابخالها في مدار مخصص للتخلص من الحطام لا يقل ارتفاع حضيضة عن ٣٠٠ كم فوق المدار الثابت بالنسبة للأرض ؛

(ط) ينبغي تزويد المراحل دون المدارية لمركبات الاطلاق بمعينات لتتبع المسار تساعد على رصد مسارات المقاذيف وتوقع نقاط الارتطام ؛

(ي) ينبغي تزويد المراحل دون المدارية لمركبات الاطلاق بقدرة متحكم بها عن بعد على اغلاق المحرك و/أو تدمير أجزاء المراحل ، وذلك حسب الاقتضاء ، منعا لسقوط أجزاء المراحل و/أو حطامها خارج حدود السلامة المحددة مسبقا ؛

(ك) ينبغي أن يوفر تصميم أجزاء المراحل المدارية الدعم للقدرة على اخراج تلك الأجزاء من المدار أو نقلها بسلامة الى مدار التخلص منها ، حسب الاقتضاء ؛

(ل) ينبغي تصميم مركبات الاطلاق بحيث تكون غير حساسة لضربات الصواعق عندما تكون عل منصة الاطلاق وكذلك أثناء الطيران في الغلاف الجوي ؛

(م) ينبغي أن يساعد التصميم على منع اعادة التماس أو الارتطام بما تم فصله من أجزاء مراحل المركبات الفضائية أو مركبات الاطلاق من جراء الدفع البارد أو الانقلاب أو تغير الوضع المسلكي .

١١ - وبغية التقليل الى أدنى حد من نشوء الحطام الفضائي ، عمد برنامج "رادارسات" الكندي الى اتخاذ تدبيرين وقائيين محددين :*

(أ) التدبير الوقائي الأول هو عبارة عن اقرار شرط لازم على مستوى النظام كله بأنه ينبغي احتواء أي حطام صلب ينجم عن تشغيل آلية تقييد/تسييب في النظام . ويعني ذلك أن جميع جهات الصنع المتعاقد معها مطالبة بتصميم نظام يمكن من عدم تسييب أجسام حطامية من المركبة الفضائية أثناء عمليات نشر الأجزاء ؛

(ب) التدبير الوقائي الثاني هو عبارة عن وسيلة لحماية المركبة الفضائية "رادارسات" من بيئة الحطام الموجود حاليا في الفضاء . وقد اتخذ هذا التدبير لما يضمن على أفضل نحو ممكن أن لا تصبح المركبة الفضائية "رادارسات" حطاما فضائيا قبل الأوان نتيجة لارتطام بحطام فضائي .

---

* قدمت من قبل تفاصيل هذين التدبيرين في تقرير الأمانة عن مختلف الخطوات التي قامت بها وكالات الفضاء لتقليل امكانية تزايد الحطام الفضائي أو تسببه في أضرار (A/AC.105/620) .

ثانيا - تقنيات التقليل من الحطام المستخدمة في مركبات الاطلاق

١٢ - يمكن تصميم مركبات الاطلاق والمركبات الفضائية بحيث تكون خلوا من النفايات ، أي بحيث تتخلص من نبائط الفصل وواقيات الحمولة وغير ذلك من العتاد القابل للنفاد (غير أجسام صواريخ المراحل العليا) ، على ارتفاع وسرعة بدرجة كافية من الانخفاض لكي لا تصبح حطاما مداريا . وهذا يكون أكثر صعوبة عندما تكون مركبتان فضائيتان مشتركتين في مركبة اطلاق واحدة . وبالاضافة الى ذلك ، فان نبائط الفصل من مرحلة الى مرحلة والنبائط الواقية في المركبة الفضائية ، كأغطية العدسات وغيرها من الأجسام التي يحتمل أن تكون حطاما ، يمكن ابقاؤها محتبسة في أجزاء المرحلة الصاروخية أو في المركبة الفضائية بواسطة شرائط للتعليق ، أو غيرها من الوسائل الكفيلة بالتقليل الى أدنى حد من الحطام المطروح . وهذا ما يجري في بعض الحالات بحسب ما تسمح به التصاميم الموجودة حاليا أو الجديدة منها . ومن ثم ينبغي مواصلة ممارسة هذه الأساليب وكذلك توسيع نطاقها عند الامكان .

١٣ - ولكن ينبغي في العمليات الخالية من النفايات ، الجمع بين أنماط التصميم والممارسات العملياتية معا ، مما يسهم في تحقيق الهدف المنشود في زيادة الحد من الحطام المداري الذي ينجم عن العمليات الفضائية أيا كانت . ونتيجة لمثل هذه الجهود ، سوف ينخفض معدل تنامي الحطام المداري ؛ مع أن اجمالي مجموع الحطام سوف يستمر في الازدياد .

١٤ - ربما تتمثل أبرز سياسة عامة بشأن التقليل من الحطام ، في تلك المستلزمات التي أخذت بها "ناسا" في عام ١٩٨٢ ، من أجل تنفيس الدواسر والغازات غير المستنفدة ، من أجزاء المراحل العليا من صاروخ "دلتا" منعا لوقوع انفجارات بسبب امتزاج رواسب الوقود . وقد ظل هذا الأسلوب متبعا عندما بدأت القوات الجوية في الولايات المتحدة التزود مباشرة بمركبات اطلاق صاروخ "دلتا" ، وباشرت عدة شركات خاصة تقديم خدمات الاطلاق تجاريا . ولم يحدث في الولايات المتحدة أي انفجار ناجم عن اهمال في المراحل الصاروخية التلقائية الاشتعال بالوقود ، التي اتبع فيها هذا الاجراء .

١٥ - كما ان تخطيط عمليات الاطلاق في الولايات المتحدة يتأثر أيضا بالتقديرات الاسقاطية الصادرة عن برنامج اجتناب الاصطدام عند الاطلاق ، الذي ينذر باحتمالات الاصطدام أو حالات الفوت العاثر التي يكاد يقع فيها تصادم ، تحسبا لحماية المركبات المأهولة ذات المقدرة التأهلية قبل اطلاقها . وقد أخرت بعض عمليات الاطلاق لحظات أثناء العد التنازلي فيها تجنبا للطيران في الجوار القريب من أجسام تحلق في المدار . بيد أنه ينبغي الاشارة الى أن القيود المتعلقة بقدرة أجهزة الاستشعار تؤثر في دقة التنبؤات أيا كانت . وبالاضافة الى ذلك ، يقدم برنامج احتساب الفوت بين المدارات معلومات بشأن مدى قرب

حمولات المركبات من أجسام الحطام في المدار ، وقد استخدم هذا البرنامج أثناء البعثات الفضائية المأهولة . ومنذ عام ١٩٨٦ ، لجأ المكوك الفضائي الى المناورة ثلاث مرات اجتنابا للاصطدام .

١٦ - وفي الفترة الأخيرة ، فان تحديث التكنولوجيا الفضائية والصاروخية الفاعلة ، وتطوير أنماط جديدة منها ، أديا بالمنشآت ذات الصلة بالفضاء في الاتحاد الروسي الى اتخاذ عدد من التدابير الوقائية من أجل تخفيض الدرجة التي بلغها التلوث بالحطام الفضائي ، ومنها ما يلي :

(أ) العمل حاليا على تطوير مرحلة صاروخية عليا من طراز جهاز الاطلاق "برتون" "دي ام" جديد ، تدخل في تكوينه وسائل احتياطية لالغاء فصل نظام بدء تشغيل المحرك (محرك طراز "س و ز") من هذه المرحلة أثناء صعودها المدفوع بالقوة المحركة للدخول في المدار ، وذلك منعا لنشوء حطام اضافي . ويجري الآن أيضا استحداث تدابير خاصة لمنع انفجار هذه المرحلة بعد قذفها في المدار ؛

(ب) من المرتقب أن يزود جهاز الاطلاق "سويوز-٢" المحدث بمخفف سرعة سلبي منعا لتراكم أجزاء المراحل الصاروخية المستنفدة في المدارات العاملة ؛

(ج) جار تحديث نظم الامداد بالقوة الكهربائية على متن المركبات لزيادة سلامة عملها على الوضعيتين الفاعلة والسلبية .

١٧ - أما مركبة الاطلاق "زينيت" ، التي طورها مكتب التصميم "يوزنوية" في دنيبروبيتروفسك في أوكرانيا ، فان مرحلتها الثانية تقذف في المدار أثناء عمليات اطلاقها . وبعد قذفها ، يمكن أن يبقى مع ذلك في الخزانات ، حتى مقدار ٤ أطنان من الوقود الدافع المؤكسد وأبخرته . ومقدار ٢ من الأطنان من الوقود ، ومقدار ٦٠ كغ من الهليوم الغازي . وحتى هذا التاريخ حدثت حالتان تدمرت فيهما المرحلة الثانية في المدار من أصل ٢١ عملية اطلاق ناجحة . وقد بينت الدراسة التحليلية بعد رحلات الطيران أن أجزاء المراحل الصاروخية في الحالتين المذكورتين كانت معرضة لوهج الشمس طوال الوقت تقريبا قبل وقوع التدمر (١٧-١٨ دورة حول الأرض) . والظاهر أن هذا الظرف من التعرض حث على اشتداد تبخر الأوكسجين ، فأدى الى انسداد صمام الأمان بالبخار المشبع . وفي حال بطء تصريف الأوكسجين المتبخر أو عدم تسربه عبر صمام الأمان ، يكون للأوكسجين الباقي قدر كاف من الطاقة لتدمير الخزان .

١٨ - وبناء على ذلك التحليل ، طور نظام معدل لتنفيس خزان الأوكسجين في المرحلة الثانية من "زينيت" . اضافة الى ذلك يقتضي تخفيف تدفقات الأوكسجين الحرارية ابان الفترة الأولية في المدار ، أن يتم اختيار وقت اطلاق المركبة تجنبا للتعرض فترات طويلة للوهج الشمسي . وقد أطلقت ست مركبات

"زينيت" بعد تنفيذ هذه التحسينات المهمة ، ولم يقع أي تدمير في المراحل الأخيرة . ولكن فيما يخص عمليات الاطلاق في المستقبل في اطار برنامج "غلوبالستار" ، سوف يركب صمام صاروخي حراري اضافي على الجزء العلوي من خزان الوقود الدافع المؤكسد الخاص بالمرحلة الثانية . وتستحث فاعلية هذا الصمام بعد الانقذاف في المدار بأمر خاص من نظام التحكم الذاتي على متن المركبة . وسوف تركب صنابير التصريف على زوايا مختلفة لاتاحة المجال لدوران المرحلة على محورها الطولاني . وعلاوة على ذلك ، تخفف كمية من احتياطي الأوكسجين العامل الباقي في الخزان من خلال الاختيار الدقيق لمسار الصعود .

١٩ - وكذلك فقد نفذت وكالة الفضاء اليابانية "ناسدا" عملية تطوير لتصريف الدواسر المتبقية (الأوكسجين السائل ، الهيدروجين السائل) . وغاز الهليوم المتبقي في المرحلة الثانية من جهاز الاطلاق اتش-١/اتش-٢ . وأمكن تجنب تسييب النبائط الآلية عند انفصال الساتل ونشر الألواح الشمسية ، ما عدا في بعض البعثات الفضائية المعينة ، ومن ذلك مثلا فصل محركات الأوج المستنفدة الخاصة بساتل الأرصاد الجوية الثابت المدار بالنسبة للأرض . ومنعا لتدمر أجزاء المرحلة الثانية من جهاز الاطلاق "اتش-٢" على نحو غير مقصود في الفضاء ، يعطل فورا نظام التحكم بالتدمير الذاتي ، بعد الانقذاف في المدار ، وتعزل تقنياته النارية حراريا للحيلولة دون بدء تشغيلها تلقائيا .

ثالثا - الحيلولة دون نشوء الحطام بسبب الحوادث

٢٠ - توجه المبادرات العاجلة الى أقصى حد في الاتحاد الروسي فيما يخص تكنولوجيا تخفيف الحطام الفضائي ، صوب الحيلولة دون انفجار المركبات الفضائية وأجزاء المراحل الصاروخية المستعملة ، مما يسببه تراكم الطاقة الكيميائية على متنها . ومن المعلوم تماما أن الانفجارات من هذا النحو تعد حاليا المصدر الرئيسي لأخطر أجسام الحطام الصغيرة الحجم . ذلك أنه مع تراكم المركبات الفضائية المستعملة في المدار تدريجيا بمرور الزمن ، سرعان ما تصبح اصطداماتها بأجسام الحطام الفضائي (أي الانفجارات الحركية بفعل الاحتكاك) المصدر الرئيسي لحطام جديد . ولهذا السبب ، فان أي برنامج طويل الأجل لمراقبة مستوى تراكم الحطام الفضائي ومكافحته ينبغي أن يتضمن أيضا بندا بشأن ازالة تلك الأجسام من المدارات العاملة .

٢١ - وفيما يخص بعض البعثات الفضائية ، يكون أداء مركبة الاطلاق ذا هامش كاف لكي يتوافر لهذه المرحلة مقدار من الدواسر للقيام بعملية حرق خارج المدار . ومن ثم فمن الضروري تعديل هذه المرحلة لتزويدها بقدرات التوجيه والتحكم اللازمة للخروج المحكم من المدار بعد أداء مهمتها الفضائية الرئيسية (وهي ايصال الحمولة الى داخل المدار) .

٢٢ - وعندما تستلزم البعثة الفضائية ايصال مركبة فضائية هي ذاتها ذات قدرة على المناورة ، يتاح اذ ذاك بديلان ممكنان . أحدهما أن تترك المرحلة العليا معلقة من أجل ايصال المركبة الفضائية الى المدار بغية زيادة قدرتها على المناورة الى أقصى حد . وثانيهما أن تنفصل المركبة الفضائية بسرعة دون السرعة المدارية لكي تتهاوى أجزاء المرحلة طبيعيا وتستخدم المركبة الفضائية قوة الدفع المحمولة على متنها من أجل اقرار مدارها . ومن منظور الغرم من حيث التكاليف ، يؤدي البديل الأول الى وجود كتلة أكبر في المدار - أي خطورة حطام محتمل ، في حين يؤدي البديل الثاني الى زيادة تعقيدات المركبة الفضائية . ومن ثم فان تقدير أي البديلين أنسب يتطلب المزيد من الدراسة .

٢٣ - ومن ناحية أخرى ، فان أحد البدائل التخلص من الأجسام بادخالها الى جو الأرض واسقاطها في المحيط ، هو اعادة تحديد موقعها في مدار مخصص للتخلص من الحطام . أما في المدار الأرضي المنخفض ، فلا يعتبر اتباع مثل تلك الاستراتيجية مؤاتيا ، لأنها تتطلب بصفة عامة مناورة ثنائية الاحتراق أكثر تكلفة من حيث الوقود من الاحتراق الواحد الذي يتطلبها الدخول في جو الأرض . وفي أثناء الثمانينات وأوائل التسعينات ، استخدم اتحاد الجمهوريات الاشتراكية السوفياتية السابق مدارا أرضيا ثابتا للتخلص من ٣١ مصدرا من مصادر القوى النووية .

٢٤ - وثمة بديل آخر لطريقة الدخول المباشر المتحكم به هو القيام بمناورة تخفض حضيض المدار وذلك لكي يقيد العمر المداري الذاتي القصور بمدة ٢٥ سنة . ومثل تلك المناورة يساعد على ازاحة الجسم من منطقة الخطورة الشديدة بسرعة ، وكذلك على ازاحة الكتلة والمقطع العرضي من المدار في غضون جزء ضئيل من العمر المداري اللازم من دون تلك المداورة . وهذه الطريقة أقل تكلفة بقدر ملحوظ جدا من عملية دخول محددة الهدف في جو الأرض . ثم انها تجعل عملية الرجوع في نهاية المطاف تتم في وقت أبكر ؛ ولكنها تثير أسئلة بشأن مسائل المسؤولية الالزامية .

٢٥ - وتوافقا مع المعيار الذي وضعته "ناسا" في الولايات المتحدة ، اعتمدت وكالة الفضاء اليابانية "ناسدا" أيضا العمر الذي لا يتجاوز ٢٥ سنة باعتباره العمر المسموح به الى حين اعادة دخول النظم الفضائية للبعثات المنتهية الى الغلاف الأرضي بفعل قوة طبيعية . وفيما يخص أكثر النظم ، يحدث ذلك اذا كان المدار أدنى من ٧٥٠ كم . وأما في حالة المدارات التي تكون أعلى من ذلك ، واذا كان احتمال خطورة العودة مسموحا به ، فان أفضل التدابير الممكنة عمليا لتجنب المخاطرة في الاصطدام بنظم فضائية عاملة أخرى ، هو تقصير العمر المداري بتخفيض ارتفاع حضيض المدار . بيد أن هذه المناورة قد تستلزم نظام دفع ربما زاد في تعقيد تصميم هذا النظام الفضائي .

٢٦ - وأما في حال كون احتمال خطورة الرجوع الى جو الأرض غير مسموح به ، فقد يكون الحل المرغوب فيه هو التحكم بعملية الرجوع فوق منطقة من المحيط . وليس لدى "ناسدا" أي خبرة في التحكم بارجاع المركبة الفضائية من ارتفاع عال ، ولكن من المفترض رجوع بعثة قياس هطول المطر المداري (تي آر ام ام) فوق منطقة محيطية من ارتفاع يبلغ ٣٨٠ كم لتقديم هذا النوع من البيانات . ومع ذلك ، فانه حرصا على التقليل الى أدنى حد من منطقة الأضرار حيث سوف تتبعثر الشظايا المتبقية ، فينبغي أن تكون بنية النظام قوية بقدر كاف من تحمل التصدع الناجم عن القوة الحركية الهوائية (الايروديناميكية) على ارتفاع يتراوح بين ٧٠ و ٨٠ كم . وهذا الشرط مناقض لما يلزم من قابلية الصمود عند الرجوع الى جو الأرض . والمشكلة الأخرى في هذا الصدد هي اختيار منطقة محيطية مأمونة حقا للقيام بمناورة من هذا النوع .

٢٧ - ووفقا لرأي "ناسدا" ، اذا كان مدار التشغيل عاليا أكثر مما ينبغي للقيام بتقصير العمر المداري ، فينبغي اعادة دفع النظام الى منطقة مدارية للتخلص من الحطام . ولدى التخطيط لاعادة دفع النظام الى مدار أعلى ، يجب توخي العناية لزيادة الارتفاع في كل من حضيض المدار وأوجه كليهما تجنبا لأي تداخل مع مدار التشغيل . والارتفاعات التي تتراوح بين ١٣٠٠ كم و ١٤٠٠ كم من الجائز أن تعتبر ملائمة لتكون مدار تخلص أولي . فاذا تطلب القيام بمناورة من هذا النوع مقدارا من قوة الدفع غير مقبول ، أمكن استخدام نبضة تصحيحية محدودة لتحريك الجسم مسافة صغيرة فوق مدار التشغيل ، الى أن يتاح اتخاذ بعض تدابير التخفيف الاضافية (مثلا ، الاستعادة من المدار بواسطة مكوك الفضاء) .

٢٨ - ولكن تتطلب ازالة الأجسام الخامدة الكبيرة مركبة مناورة فعالة ذات قدرة على ملاقاة وتعليق هدف خامد متقلب غير طيع ، وذات مقدرة على تسخير الزيادة في السرعة على نحو سليم ودقيق لغرض نقل الجسم المقصود الى المدار المنشود . ولقد أثبت المكوك الفضائي هذه القدرات ، وأما النظم غير المأهولة فلا تتوافر لأي منها مثل هذه القدرات فيما يخص الارتفاعات والميول العليا .

٢٩ - بيد أن تعدد الأجسام الصغيرة الشديدة يجعل من المستحيل أن يتم بفعالية حيازة كل جسم وادخاله بمفرده . ومن ثم فهنالك فئتان من المخططات التي اقترحت بشأن ازالة مثل هذا الحطام . احداهما هي استخدام أجهزة فاعلة أو سلبية لاعتراض الجسيمات بوسيط مّا ، كبالون ضخم من الرغوة ، يمتص الطاقة الحركية من الجسيمات . فيسبب ذلك سقوط حضيض مدار الأجسام الى مناطق حيث يحفزها السحب الحركي الهوائي على الدخول . والثانية هي استخدام جهاز فاعل يضيء الجسيم بحزمة من الطاقة الموجهة ، مما يسبب أن يفقد الجسم من سرعته أو أن يتبعثر شظايا لا يكون لها بعد ذلك كتلة خطيرة الشأن .

رابعا - حماية بيئة المدار الثابت بالنسبة للأرض

٣٠ - فيما يخص البعثات الفضائية الى المدار الثابت بالنسبة للأرض ، تتمثل الاعتبارات اللازمة للتخلص من أجزاء المرحلة الصاروخية العليا في : موعد الاطلاق وسمت الاطلاق وحضيض مدار مرحلة النقل . أما فيما يخص النظم المتعددة فترات الاحتراق ، فيمكن تحقيق التخلص الأكيد منها في المحيط باحتراق في منطقة الأوج بسرعة بضعة أمتار في الثانية اذا توافر للمرحلة عمر بطارية كاف واذا احتوت على نظام تحكم في الوضع الاتجاهي والمسار .

٣١ - اضافة الى ذلك ، ثمة عدة أوقات اطلاق الى المدار الثابت بالنسبة للأرض الموازي لمدار مرحلة النقل بحيث تفعل القوى الطبيعية فعلها (أي خواص الشمس والقمر والأرض ، الخ) لتخفيض أو رفع حضيض المرحلة . وان وضع تأثير هذه القوى في الاعتبار يمكن أن يقلل الى أدنى حد تكلفة التحكم الفاعل بمراحل الدسر السائلي ، كما انه تقنية منخفضة التكلفة من أجل التخلص من أجزاء مراحل الدفع الصاروخي بالوقود الصلب . والاستراتيجية البديلة الوحيدة للتخلص من محركات الدفع الصاروخي بالوقود الصلب هي توجيه مسار دفع الصاروخ في اتجاه معين بحيث يكون حضيض مدار النقل الناجم عن فترة الحرق على ارتفاع منخفض بقدر كاف لكي يجعل المرحلة الصاروخية ترجع في نهاية المطاف الى جو الأرض (مما يشار اليه أحيانا بالمصطلح : احتراق خارج المحور) . وينجم عن هذه الاستراتيجية عسر في الأداء بنسبة تقدر بنحو ١٥ في المائة بخصوص هذه المرحلة .

٣٢ - ويبدو أن التدابير التي اعتمدت بشأن برامج "ناسدا" غير باهظة التكلفة نسبيا وثبت أنها فعالة جدا . وعلى سبيل المثال ، تم تقصير العمر المداري للمرحلة الصاروخية الثانية لساتل الاختبارات الهندسية ("اي تي اس" ETS-VI-H-II) (1994-056B) الى سبعة أشهر تقريبا نتيجة لاخراجه من المدار .

٣٣ - كما ان استخدام مدارات التخلص من الحطام يعد استراتيجية ممكنة عمليا من الناحية التقنية من أجل تنظيف منطقة المدار الثابت بالنسبة للأرض ، ولكنها ليست الاستراتيجية الوحيدة المتاحة . علما بأنه لم يمحص بعد تحقيق الفعالية من حيث تكلفة استراتيجية مدار التخلص من الحطام ، مقارنة بغيرها من الاستراتيجيات . واذا كان اعلاء ارتفاع المدار هو التقنية المختارة ، فان ذلك يتطلب حينئذ التخطيط والحفاظ على الموارد الداسرة الضرورية للقيام بهذه المناورة . وتبين الدراسات الأولية أن من الضروري رفع المدار في حدود ٣٠٠ كم من أجل تحقيق الغرض المقصود ، لا الى ما يتراوح بين ٤٠ و ٧٠ كم مما لجأ اليه بعض العاملين في هذا الميدان . وتكلفة الأداء اللازمة لاعادة الدفع هي ٣٫٦٤ م/ثا لكل ١٠٠ كم ، أو ١٫٦٩ كغ من الوقود الداسر لكل ١ ٠٠٠ كغ من كتلة المركبة الفضائية . ومن ثم فان تكلفة اعادة الدفع اللازمة لمسافة ٣٠٠ كم تقارن بتكلفة الاحتفاظ بالمحطة عاملة لمدة ثلاثة أشهر .

٣٤ - وقد أيد من قبل فريق الدراسة الرابع ، التابع لمكتب الاتصالات اللاسلكية في الاتحاد الدولي للاتصالات السلكية واللاسلكية ، والذي تشارك فيه الولايات المتحدة ، التوصية القائلة بأنه ينبغي تقوية دفع جميع سواتل المدارات الأرضية التزامنية ، الى ما لا يقل عن ٣٠٠ كم فوق المدار الأرضي التزامني

في نهاية عمرها ، كما ينبغي بعدئذ جعل المركبة الفضائية قاصرة ذاتيا وذلك بتصريف أي رواسب متبقية من الدواسر والغازات ، و"تأمين" البطاريات بالتنفيس .

٣٥ - كما ان الادارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي (نوآ) في الولايات المتحدة ، وكذلك عدة برامج تابعة لوزارة الدفاع الأمريكية ، تلجأ بانتظام الى تقوية دفع سواتلها التي لم تعد تؤدي وظيفة الى مدارات فوق المدار الثابت بالنسبة للأرض منعا من نشوء حطام اضافي من جراء وقوع اصطدامات غير مقصودة بسواتل أخرى تائهة ، واخلاء للمجازات المدارية القيّمة .

٣٦ - ويلاحظ أن التكنولوجيا الخاصة بازالة المركبات الفضائية الروسية من المدار الثابت بالنسبة للأرض عند نهاية عمرها الفاعل ، تستند الى استخدام الوقود الباقي (فيما يخص سواتل السلاسل من ستاتشيونار - دي ، واكران - ام ، وغوريزونت) ، وكذلك على تزويد المركبات الفضائية بمقدار اضافي من الوقود الضروري لضمان زيادة متوسط الارتفاع المداري بمقدار ٢٠٠ كم (فيما يخص الأنواع الجديدة من المركبات الفضائية) .

٣٧ - وبغية تقييم المسافة الوافية بالغرض اللازم للتخلص من المركبات الفضائية المحلقة في مدار ثابت بالنسبة للأرض ، درس في اليابان تأثير الاضطرابات المدارية الطويلة الأجل . وقد تبين أن القيمة الناتجة عن المسافة الدنيا تكاد تكون هي المسافة نفسها التي أوصى بها كل من الاتحاد الدولي للاتصالات السلكية واللاسلكية و "ناسدا" فيما يشار اليه بالرمز "كود-كيو" ، وهي نحو ٣٠٠ كم . والحد الأدنى التي تطلبه "ناسدا" حاليا هو ١٥٠ كم ، ولكن الهدف المنشود هو ٥٠٠ كم . وذلك لأن اعادة تحديد المدار الفعلية كثيرا ما تبلغ مسافة أكبر مما يلزم من أجل ازالة تأثير الأخطاء المحتملة في نظم القياس .

الحواشي

(١) **الوثائق الرسمية للجمعية العامة ، الدورة الحادية والخمسون ، الملحق رقم ٢٠** (A/51/20) ، الفقرة ٨٦ .

- - - - -