



ИСТОРИЯ И АРХЕОЛОГИЯ

«ПРИШЕЛЕЦ»
ИЗ ПАЛЕНКЕ

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОГРАФИЯ

ПРЕДСКАЗАНИЕ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
ИЗ КОСМОСА

ВОЕННАЯ АВИАЦИЯ

ЛЕТАЮЩАЯ ЛОДКА
«САНДЕРЛЕНД»

БОЕВЫЕ КОРАБЛИ

МНОГОЦЕЛЕВЫЕ
ПОДВОДНЫЕ
ЛОДКИ

КАК УБРАТЬ КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР? РЕЦЕПТЫ ОТ КБ «ЮЖНОЕ»

См. стр. 4



**Геннадий Осинский,
 Михаил Каляпин,**
 Государственное предприятие
 «Конструкторское бюро «Южное»
 им. М. К. Янгеля»

КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР — ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕШЕНИЯ **Часть 1**

Освоение человечеством новых пространств приносит в нашу жизнь новые возможности. Меньше столетия прошло с момента запуска первого искусственного спутника Земли, а какой огромный скачок произошел в нашей «земной» жизни благодаря использованию спутниковых технологий! Мобильная связь, спутниковое ТВ, навигация, наблюдение за поверхностью Земли и прогнозы погоды — многие повседневные и привычные сервисы вошли в нашу жизнь благодаря сотням космических аппаратов.

Однако не только достижения являются результатом освоения космического пространства. Оставшиеся на орбите неработающие спутники, верхние ступени ракет-носителей (РН) — все это образовало космический мусор.

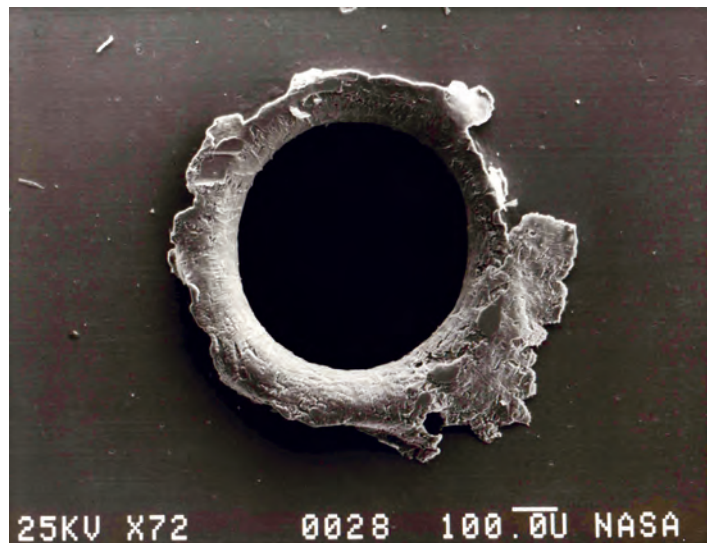
Большие и маленькие объекты космического мусора (КМ) с огромной скоростью вращаются вокруг Земли. Сталкиваясь между собой крупные частицы образуют целое «облако» мелких частиц, которые продолжают движение по орбите. Даже осколок размером менее 1 см, двигаясь со скоростью 8 км в секунду (в 7 раз быстрее пули), может нанести непоправимый ущерб действующим космическим объектам. Всерьез об их безопасности задумались после катастрофического столкновения американского спутника связи «Iridium 33» с российским спутником связи «Космос-2251» в феврале 2009 г. Спутники были разрушены, а на орбите появилось множество обломков (более 600).

Количество мусора нарастает быстрыми темпами. Несколько тонн неработающих объектов, вращающихся на орбитах, и столкновения их мелких и крупных частей представляют реальную угрозу действующим объектам.

С 1960-х гг. за космическими объектами на орбите начали вести наблюдение, составляя каталог

наиболее крупных из них. Анализ движения данных объектов позволил предупреждать столкновение действующих аппаратов с крупными частями мусора. Так, учитывая прогноз, станция МКС несколько раз проводила маневры и уклонялась от столкновений. Сейчас вводится в эксплуатацию новая система Space Fence, которая позволит наблюдать до 200 тыс. объектов размером от 10 см.

По оценкам разных источников, в районе низких околоземных орбит до высот около 2 000 км находится порядка 300 тыс. техногенных объектов размером от 1 см и более в поперечнике, общей массой до 5 000 т. Из них только порядка 13 % (около 17 тыс. объектов) обнаруживаются, отслеживаются и каталогизируются наземными радиоло-



Дыра, оставленная космическим мусором в спутнике SolarMax

кационными и оптическими средствами, и лишь около 7 % отслеживаемых объектов являются действующими. Абсолютное большинство (93 %) из вышеуказанных каталогизированных объектов представляют собой космический мусор.

Для изучения проблемы космического мусора космическими агентствами ряда стран был образован Межагентский координационный комитет по космическому мусору (IADC, МККМ). Комитетом были разработаны и приняты Руководящие принципы МККМ по предупреждению образования космического мусора.

На основе этих принципов в 2006 г. Украиной также был принят соответствующий документ — «Ограничение засорения околоземного космического пространства при эксплуатации космической техники». Конструкторское бюро (КБ) «Южное» при разработке новых образцов ракет-носителей и спутников использует все рекомендации этого документа.

Основные принципы, которые надо учитывать при создании и эксплуатации космической техники для уменьшения количества космического мусора на орбите, следующие:

1. Проектировать космические системы таким образом, чтобы не было случайно отделяемых элементов конструкций — датчиков, крышек, механизмов отделения и пр., как это было с первыми космическими аппаратами.

2. Свести к минимуму возможность самопроизвольных разрушений на орбите. Разрабатывать способы и алгоритмы пассивации космических аппаратов и орбитальных ступеней ракет-носителей в конце полета. Пассивация предназначена для исключения возможности взрыва. Для этого надо утилизировать остатки топлива верхних ступеней ракет-носителей, сжатые газы и запасы энергии аккумуляторов космических аппаратов.

3. Предусматривать возможность проведения маневров на орбите для предотвращения столкновения.

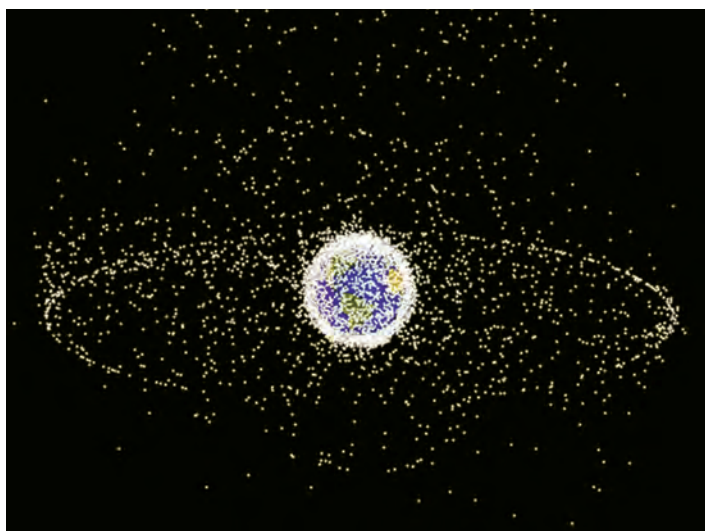
4. Предусматривать возможность увода космических объектов после окончания срока эксплуатации на более низкие орбиты для постепенного спуска и сгорания в плотных слоях атмосферы. Для космических аппаратов, работающих на высоких орбитах (1 500–1 800 км), предусматривать возможность увода на орбиты захоронения, находящиеся на высоте около 2 000 км. Увод космических объектов с рабочих орбит должен производиться за срок не более 25 лет.

Учитывая глобальность проблемы космического мусора, компании многих стран приступили к разработке систем для очистки космических орбит. Системы условно можно разделить на *активные* и *пассивные*.

СИСТЕМЫ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИЕ ОБРАЗОВАНИЕ МУСОРА

«Пассивные» системы устанавливаются на космический объект, чтобы по окончании срока его работы обеспечить его увод с орбиты.

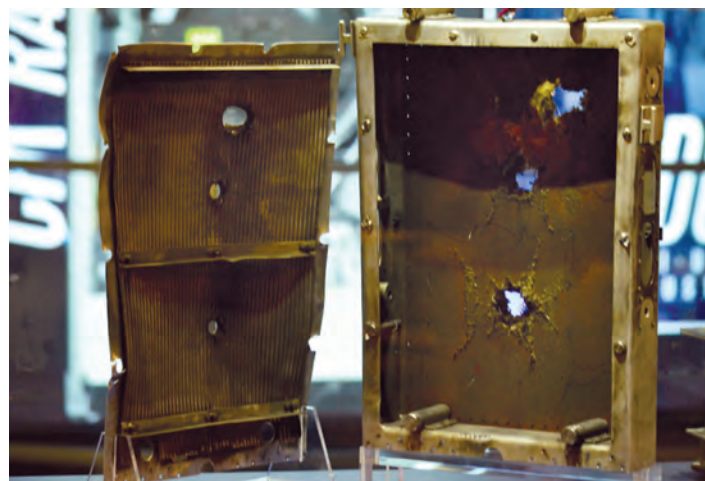
Принцип действия систем, разрабатываемых КБ «Южное», заключается в увеличении силы аэродинамического сопротивления за счет создания



Модель загрязнения околоземного космического пространства объектами КМ (геостационарная орбита)



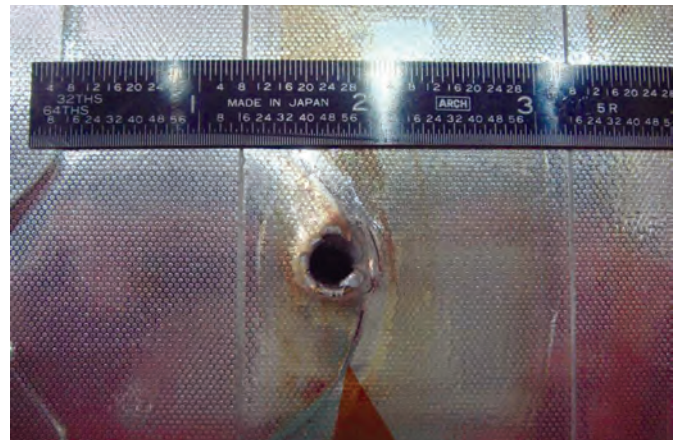
Модель загрязнения околоземного космического пространства объектами КМ (низкие околоземные орбиты)



Защита с российского модуля МКС «Звезда», которая была пробита алюминиевым болтом на скорости 6800 м/с



Солнечная батарея станции «Мир» получила значительные повреждения от космического мусора



Сквозное отверстие в радиаторной панели шаттла «Индевор», оставшееся после столкновения с куском мусора

большой площади путем разворачивания тормозных конструкций. Оболочка этих устройств может быть выполнена разной формы. Вначале устройство находится в сложенном виде и закреплено на корпусе, но в нужный момент происходит его разворачивание. Развернутая конструкция обеспечивает значительное увеличение поперечного сечения объекта и увеличивает силу его торможения атмосферой. Система эффективно работает для объектов, летающих на орбитах высотой до 800 км.

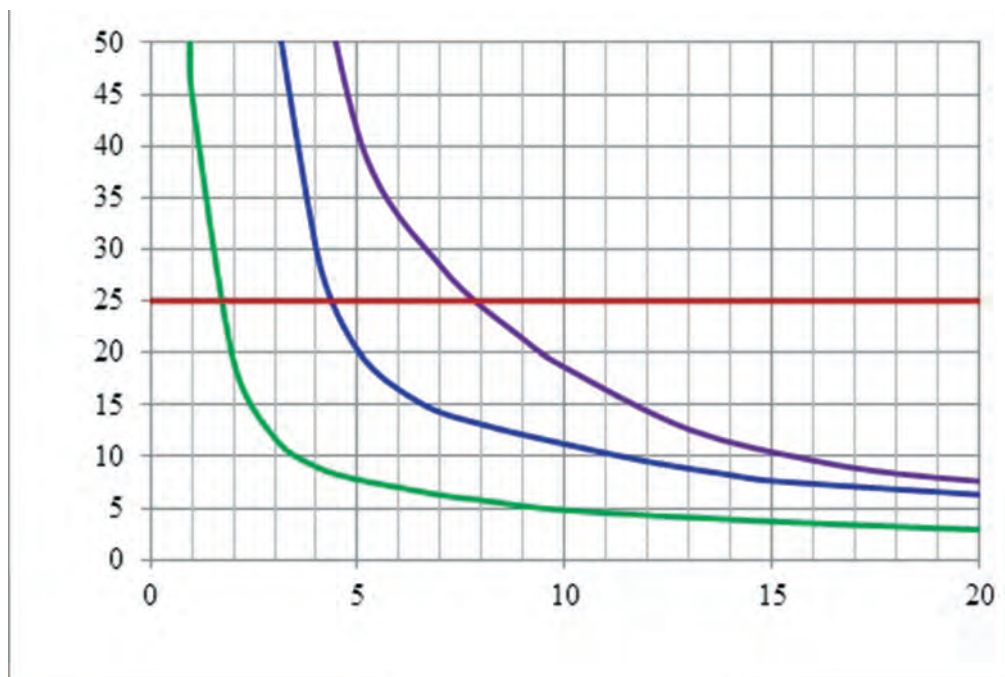
Это позволяет за требуемое время снизить орбиту объекта до его вхождения в плотные слои атмосферы с последующим разрушением. Эффективность аэродинамических тормозных систем в соответствии с предварительными расчетами представлена на рис. 1.

КБ «Южное» разрабатывает несколько типов аэродинамических тормозных устройств.

Шарообразное тормозное устройство

Тормозная система состоит из надувного каркаса и шарообразной оболочки (рис. 2). Каркас и оболочка изготавливаются из полиэтилентерефталатной (ПЭТФ) пленки с наружной металлизацией алюминием. Эта пленка уже применялась для конструкций космического назначения и показала высокую работоспособность. Наружная металлизация пленки обеспечивает защиту оболочки от разрушения. Толщина ПЭТФ — 6 мкм, удельная плотность — 9 г/м².

Надувной каркас представляет собой конструкцию, которая состоит из восьми трубчатых герметичных элементов, соединенных поперечными стяжками. Размеры элементов конструкции выбраны так, чтобы при надувании каркаса наружная оболочка приобретала ша-



Объект	Масса, кг	Орбита, км	Время существования без системы, лет
КА «Микросат»	135	800	98
КА «Предупреждение»	1 500	800	>100
Верхняя ступень РКН «Днепр»	2 200	500 × 2 400	>100

Рис. 1. Расчет эффективности аэродинамических тормозных систем



Рис. 2. Каркасная конструкция шарообразной оболочки

рообразную форму. Надувание каркаса происходит по восьми рукавам, каждый из которых наполняет свой элемент каркаса. В этом случае даже при повреждении одного из элементов работоспособность устройства сохраняется, только уменьшается частично площадь торможения.

Мембранное тормозное устройство

Мембранное тормозное устройство на основе саморазворачивающихся штанг выполнено в форме четырех-

гранной пирамиды, прикрепленной вершиной к спутнику. Основание пирамиды — правильный четырехугольник. Четыре боковые грани пирамиды образованы треугольными мембранами, прикрепленными к штангам, расположенным вдоль четырех ребер пирамиды. Размеры и форма устройства увода выбраны, исходя из условий минимизации его габаритов и массы в транспортном положении. Масса мембранного тормозного устройства увода составляет 20 кг.

Штанги представляют собой самораскрывающиеся механизмы, аналогичные тем, которые применялись в конструкции саморазворачивающихся антенн, гравитационных стабилизаторов. КБ «Южное» имеет опыт использования таких механизмов, подобные конструкции применялись еще на первых космических аппаратах.

В транспортном положении каждая мембрана треугольной формы складывается, а затем сворачивается вокруг своего барабана (рис. 3). При этом мембрана за один угол крепится к барабану (за тупой угол треугольника), за два дру-

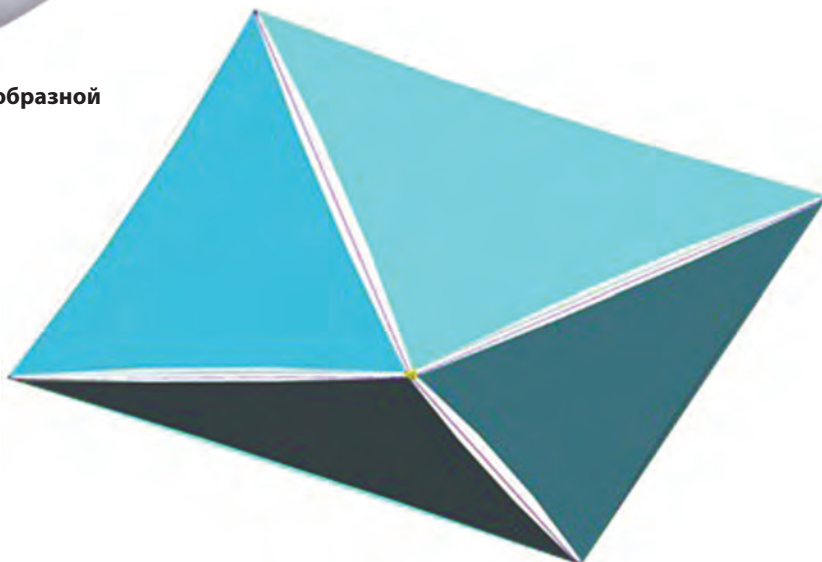


Рис. 4. Общий вид устройства увода на основе саморазворачивающихся штанг в рабочем положении

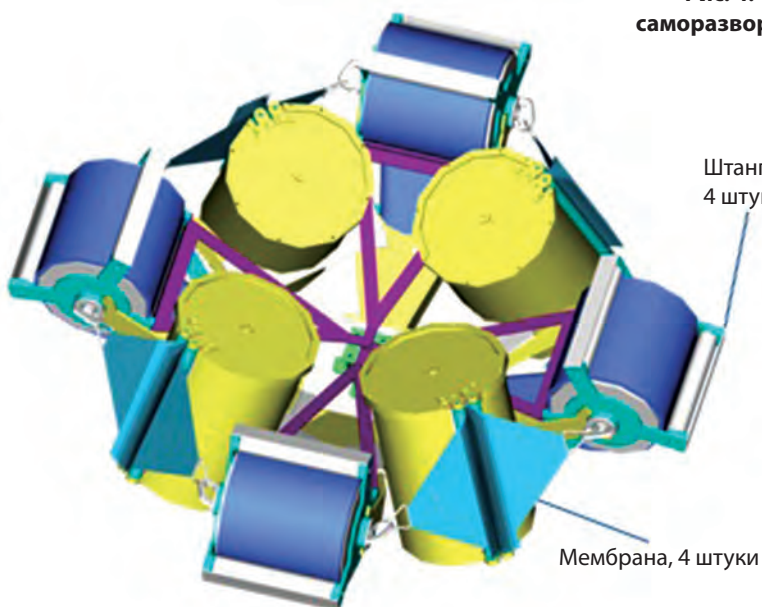


Рис. 3. Тормозное устройство на основе саморазворачивающихся штанг в транспортном положении

гих угла мембрана крепится к корпусам штанги.

Устройство увода приводится из транспортного в рабочее положение за счет запасенной энергии деформации скрученных штанг после получения команды от системы управления.

Общий вид устройства увода на основе саморазворачивающихся штанг в рабочем положении приведен на рис. 4.

Выше мы рассмотрели пассивные системы удаление КМ. Их задача – предотвращать возникновение нового мусора и тем самым снижать скорость засорения космического пространства. Но проблема требует более радикального решения. Гораздо эффективнее очистить космос могут активные системы удаления мусора. О них и пойдет речь во второй части материала.



(Окончание следует)

Геннадий Осинский,
Михаил Каляпин,
 Государственное предприятие
 «Конструкторское бюро «Южное»
 им. М. К. Янгеля»

КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР – ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕШЕНИЯ

Часть 2

АКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УДАЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Активные системы удаления космического мусора представляют собой аппараты, которые захватывают и уводят объект КМ с орбиты, либо на более низкую орбиту (для сгорания в атмосфере), либо на орбиту захоронения. Орбита захоронения должна располагаться достаточно далеко от рабочих орбит.

Создание активных систем удаления является приоритетным направлением исследований, которые координирует Межагентский координационный комитет по борьбе с космическим мусором (IADC).

В настоящее время ведутся разработки активных систем удаления, использующих лазерные бортовые установки, а также установки с использованием ионных лучей (КА-пастух с ионным лучом).

В Конструкторском бюро «Южное» предложена разработка активной системы удаления с помощью двигательных установок, отличительной чертой которой является «захват» объектов космического мусора с помощью разворачивающейся крупногабаритной сети.

Космический аппарат — перехватчик — это новая разработка КБ «Южное», в состав которой входят космический аппарат — перехватчик и наземный комплекс управления.

Космический аппарат — перехватчик конструктивно состоит из блока аппаратуры, двигательной установки, солнечных батарей и комплекта улавливающих модулей — 6–7 штук (ярусов) (рис. 1).

(Окончание. Начало см. в № 09 2016 г. «Науки и Техники»)

Улавливающий модуль (рис. 2) имеет плоское основание в виде рамы, на котором установлены тормозные двигатели и телескопические штанги, на которые крепится прочная эластичная сеть.

В транспортном положении штанги и сеть сложены. В рабочем режиме телескопические штанги верхнего модуля выдвигаются, расправляют сеть.

КА-перехватчик маневрирует с помощью бортовой системы наведения и двигательной установки, сближаясь с объектом на расстояние, достаточное для захвата.

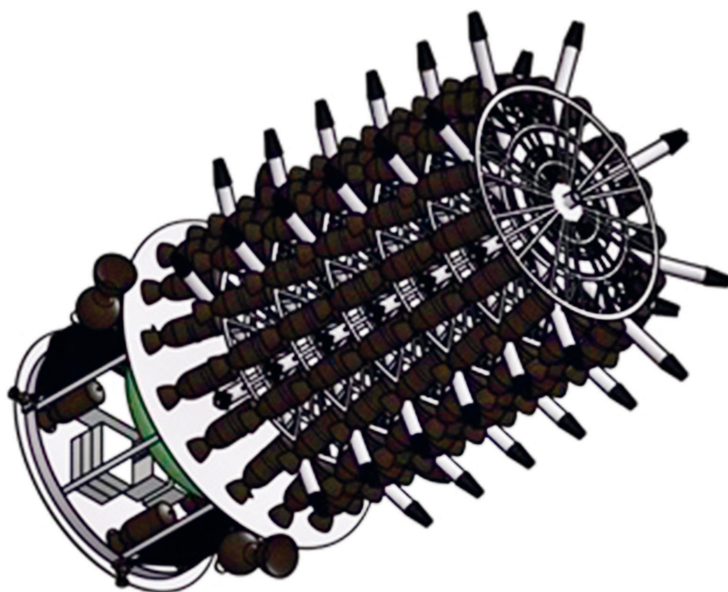


Рис. 1

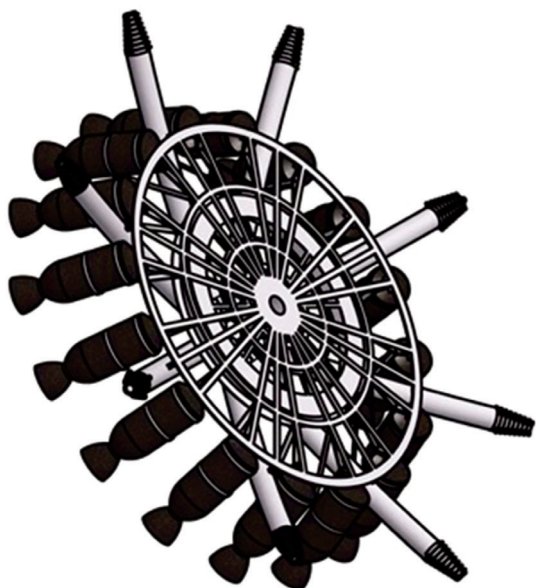


Рис. 2

Перед попаданием объекта КМ внутрь улавливающего модуля телескопические штанги выдвигаются, расправляя сеть (рис. 3). После захвата объекта улавливающий модуль закрывается с помощью проходящих вдоль штанг специальных тросов, которые стягивают вершины штанг, наматываясь на катушку, закрепленную у основания модуля. Эластичная сеть надежно фиксирует объект.

Тормозные двигатели улавливающего модуля включаются одновременно с отделением улавливающего модуля по команде от космического аппарата, и с помощью собственной двигательной установки модуль уводит космический мусор на орбиту захоронения.

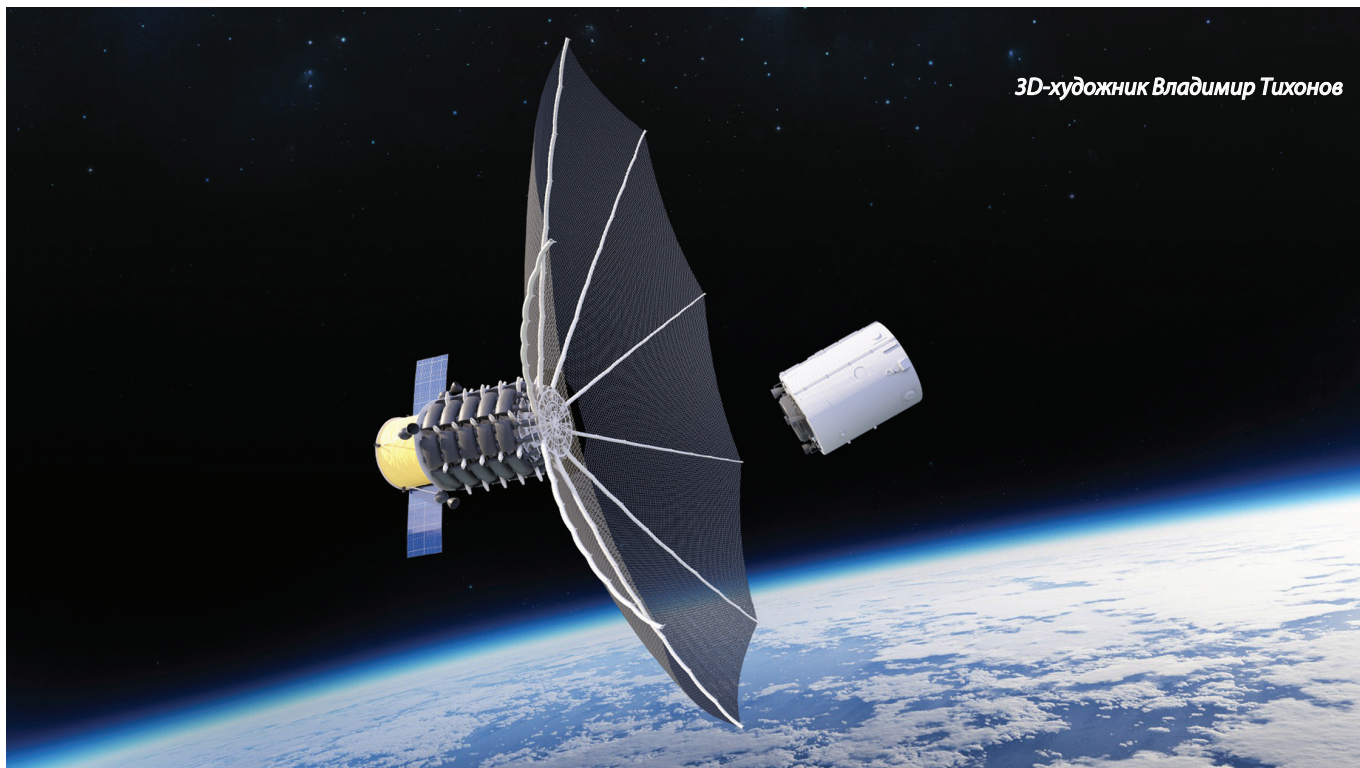
ПРОЕКТ LEOSWEEP

В настоящее время КБ «Южное» принимает активное участие в международном проекте **LEOSWEEP** («Повышение безопасности низких околоземных орбит с помощью улучшенного электроракетного двигателя»). Этот проект частично финансируется Европейским Союзом. В рамках проекта разрабатывается технология активного удаления крупного КМ с низких околоземных орбит с помощью ионного луча. Цель этого проекта состоит в том, чтобы показать выполнимость удаления крупного объекта КМ путем дистанционного воздействия на него. Кроме реализации технического решения, в проекте будет рассмотрена его экономическая целесообразность и разработан юридически обоснованный и реальный путь, который позволит перейти к практическому и крупномасштабному удалению КМ на орбите.

Для реализации этой концепции используется космический аппарат, на борту которого современными ионными двигателями генерируется бесконтактный ионный поток (рис. 4). Для компенсации реакции ионного двигателя (создаваемой им тяги) используют вторую двигательную установку (рис. 5). КА двигается по орбите объекта космического мусора на небольшом расстоянии от него (10–20 метров) и воздействует на него с помощью энергии ионного луча. Предполагается, что применение ионных лучей обеспечит безопасный увод космических обломков с орбиты, так как механическое воздействие на объект (контакт) опасно возможностью разрушения объекта и образованием новых обломков.

Для осуществления предложенного решения и подготовки к его будущей реализации сейчас проводятся научные исследования физики процессов, решаются ключевые технологические проблемы.

Чтобы выполнить эти работы на высоком теоретическом и техническом уровне, по всем направлениям была сформирована международная команда специалистов из сотрудников университетов, научно-исследовательских и промышленных организаций Европы



3D-художник Владимир Тихонов

Рис. 3

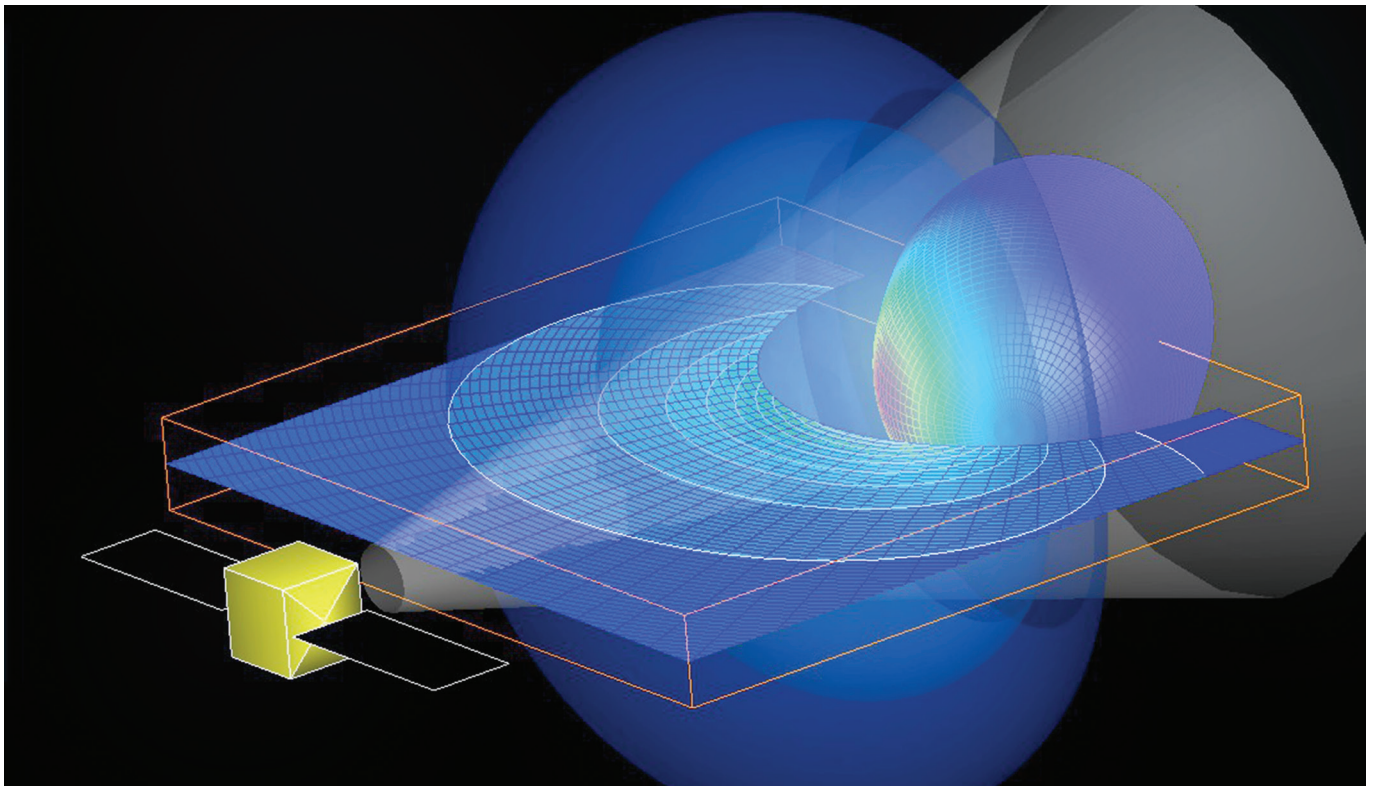


Рис. 4

и Украины. Специалисты КБ «Южное» участвуют в разработке проекта.

На сегодняшний день рынок услуг по пассивной и активной нейтрализации объектов космического мусора находится в стадии формирования. Ведется раз-

работка технологий в обеих областях, однако готовых технических решений еще нет, хотя необходимость их уже давно осознана международными экспертами. И это дает возможность надеяться, что в ближайшем будущем эти проекты станут нашей реальностью.

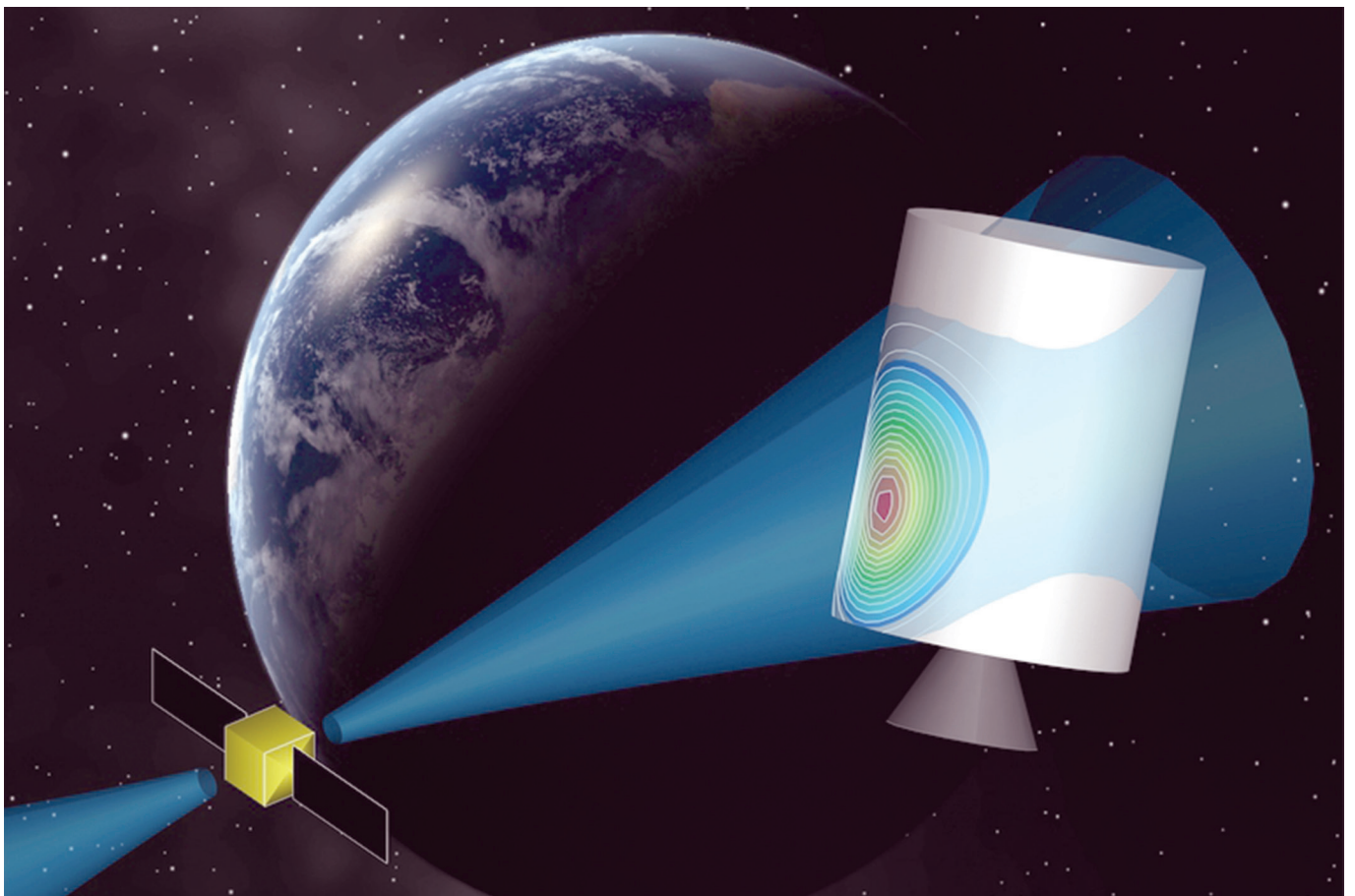


Рис. 5