

Х Открытая Уральская межрегиональная конференция
юных исследователей «Интеллектуалы XXI века»

*Экологические проблемы околоземного пространства:
как собрать космический мусор*

Автор: Кузнецова
Надежда
11 класс
МАОУ «МОШ №20»

Научный руководитель:
Кочкина Елена
Геннадьевна
учитель физики
МАОУ «МСОШ №20»

Научный консультант:
Христолюбов Алексей
Евгеньевич учитель
информатики
МАОУ «МСОШ №20»

Челябинск, 2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Откуда берется космический мусор.....	5
1.1. Столкновение и разрушение спутников.....	5
1.2. Что происходит со спутниками, выполнившими свои миссии?....	6
2. Чем опасен космический мусор.....	6
2.1. Столкновения космических аппаратов с мусором.....	8
2.2. Падение мусора на поверхность Земли.....	8
2.3. Опасен ли космический мусор для МКС	9
3. Как очистить околоземное пространство	10
4. Модель космического уборщика.....	12
Заключение (выводы)	13
Список использованной литературы	15

*«Есть такое твердое правило:
встал поутру, умылся, привел себя в порядок –
и сразу же приведи в порядок свою планету»
Антуан де Сент-Экзюпери*

Введение

Несмотря на ограниченное число государств, активно занимающихся космической деятельностью, околоземное пространство уже страдает от ее негативных последствий, выражающихся, в частности, в образовании мусора из космических объектов, реально создающих угрозу нормальной космической деятельности. Если когда-нибудь инопланетяне и захотят вступить в долгожданный контакт с жителями Земли, чтобы совершить посадку на её поверхность, им придется лавировать между огромным количеством мусора, скопившимся на околоземной орбите.

Целью нашего исследования стал поиск решения проблемы очистки околоземного пространства от космического мусора.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд **задач**:

1. Проанализировать характер заполнения околоземного пространства спутниками различных государств.
2. Составить статистические данные о количестве орбитальных аварий, происшедших вследствие столкновения с космическим мусором.
3. Найти информацию о количестве нештатных ситуации на борту МКС, связанных с опасностью столкновения с мусором.
4. Изучить разработки российских и зарубежных ученых о возможностях решения проблемы засорения околоземного пространства.
5. Поиск путей решения проблемы.

Исследуемая проблема: загрязнение околоземного пространства прекратившими свое функционирование спутниками, отработанными ступенями и разгонными блоками ракет-носителей.

Предмет исследования: космический мусор.

Объект исследования: влияние космического мусора на загрязнение околоземного пространства.

Методы исследования:

- *теоретический*: анализ и синтез, изучение и анализ научной литературы изучение и обобщение отечественной и зарубежной практики в области создания космического уборщика;
- *математический*: составление статистики, обработка данных, составление таблиц, схем, диаграмм;
- *эмпирический*: наблюдение, сравнение, эксперимент.

Проблема вызывает интерес, так как относится к числу нерешенных мировых проблем. По расчетам через 15– 30 лет ближний Космос будет полностью засорен и непригоден для полетов. Особенно это касается геостационарных орбит, на которых отработанные спутники практически сохраняются вечно.[5]

Актуальность задачи обеспечения безопасности космических полетов в условиях техногенного загрязнения околоземного космического пространства и снижения опасности для объектов на Земле при неконтролируемом вхождении космических объектов в плотные слои атмосферы и их падении на Землю стремительно растет. Эффективных практических мер по уничтожению космического мусора на орбитах где не сказывается очищающий эффект от торможения об атмосферу на настоящем уровне технического развития человечества не существует; не существует и эффективных мер защиты космических аппаратов от объектов космического мусора размером более 1 см [1].

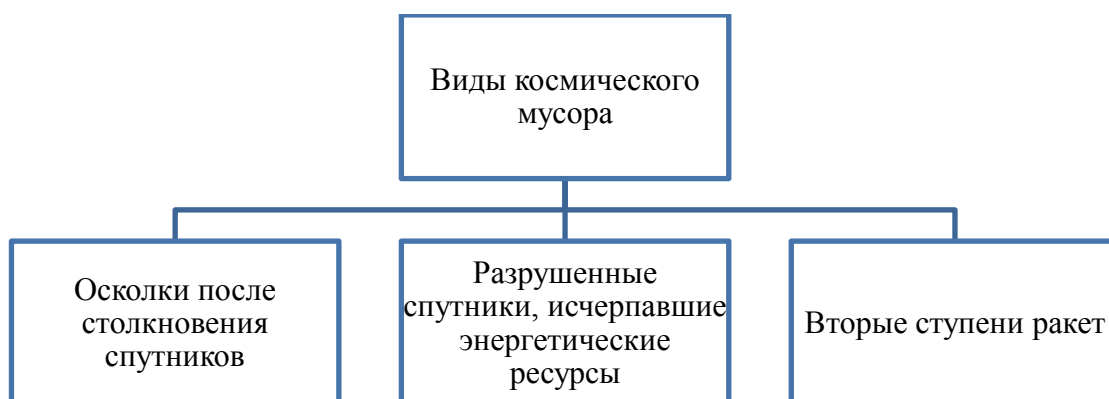
Этапы исследования:

1. Создание научной базы исследования.
2. Выяснить, что является источником засорения космического пространства.
3. Изучение характера заполнения околоземного пространства спутниками различных государств.
4. Составление статистических данных о количестве орбитальных аварий, происшедших в результате столкновения с космическим мусором.
5. Выявить последствия засоренности околоземного пространства для человечества.
6. Изучить и проанализировать разработки российских и зарубежных ученых о возможностях решения проблемы засорения околоземного пространства.
7. Анализ собранной информации и обработка с помощью таблиц, схем диаграмм.
8. Создание модели космического уборщика.

1. Откуда берется космический мусор

Перед тем, как перейти непосредственно к методам борьбы с космическим мусором, выясним, что он собой представляет и каким образом появился в околоземном пространстве.

Схема 1. **Классификация космического мусора**



Чем опасны взрывы вторых ступеней ракет? В настоящее время существует пассивная программа – когда стороны договорились, чтобы отработавшие ступени падали на конкретные районы. В России есть такие районы, являющиеся специальными полигонами. Программа ведет к экологическому загрязнению данной местности, которая превращается в земную помойку космоса. Примером является Алтайский край. Именно над этим регионом России пролегают траектории полета ракет, запускаемых с Байконура, и именно сюда валятся обломки первых ступеней с остатками высокотоксичного топлива. То есть останки ступеней ракет могут остаться в космосе, создавая угрозу для спутников, или же могут упасть на Землю.

Анализируя схему, мы уже можем определить меры, направленные на уменьшение засоренности околоземного пространства вследствие космической деятельности государств:

1. Во избежание столкновения спутников необходимо строго координировать деятельность космических агентств различных государств. Возможно, в данном случае, уже можно предусмотреть работу космических диспетчеров.
2. Предусмотреть возможность возвращать на Землю спутники, исчерпавшие свои энергетические ресурсы.
3. Приступить к поиску новых технологий, позволяющих запускать спутники без взрывов ступеней ракет.

1.1. Столкновение и разрушение спутников

Почему засоренность космоса увеличивается? Откуда на орбите появляются обломки, размеры которых меньше нескольких сантиметров? Изучая литературу, мы обнаружили несколько событий, которые существенно увеличили засоренность космоса новыми обломками. Перечень событий мы представляем в следующей схеме:

Схема 2. **Важнейшие события, повысившие засорённость космоса**

Китай <ul style="list-style-type: none">• Испытание Китаем противоспутниковой ракеты в январе 2007 г .• Китайская ракета уничтожила отработавший свой срок китайский спутник «Фэнъюнь», столкнувшись с ним встречным курсом. В результате появилось более 2000 новых обломков размером в несколько сантиметров и более, то есть, засорённость космоса поднялась сразу на 22 %.
США <ul style="list-style-type: none">• Ликвидация США неисправного спутника ,2008 год• ракета SM-3 уничтожила неисправный спутник-шпион, имеющий в баках около 400 кг ядовитого гидразина (а также из-за опасности рассекречивания). Образовалось приблизительно 300 обломков
Россия <ul style="list-style-type: none">• Столкновение спутников Космос-2251 и Iridium 33, 2009 год.• В результате столкновения образовалось большое количество обломков, большая часть которых останется на прежней орбите. 5000 обломков каталогизировано.

Таким образом, нам удалось найти информацию об одном случае столкновения спутников. Нужно признать, что вероятность столкновения спутников является ничтожно низкой, но с увеличением стран – участниц космических программ, вероятность будет возрастать.

1.2. Что происходит со спутниками, выполнившими свои миссии?

Разновидностью космического мусора являются спутники, исчерпавшие энергетические ресурсы. Чтобы выяснить, много ли скопилось техногенного мусора на околоземной орбите в виде бездействующих спутников, сравним космическую деятельность крупнейших космических держав: России, США, Китая и Индии [16].

Таблица 1. Космические аппараты, созданные и запущенные на орбиту Россией (СССР), США, Китаем и Индией с 1957 по 2010 гг.

Страна	Весь мир	Россия (СССР)	США	Китай	Индия
Общее количество запущенных космических аппаратов	6857	3701	2774	234	89
Количество успешных запусков	6264	3464	2491	225	80
Количество действующих космических аппаратов на 31.12.2010	958	74	440	69	29

Из анализа таблицы видно, что большинство запущенных спутников с 1957 года по состоянию на 31.12.2010 г. являются бездействующими, следовательно, именно они пополнили свалку космического мусора на околоземной орбите.

NASA приводит данные американской Сети слежения за космическим пространством, согласно которым по состоянию на 6 июля 2012года вокруг Земли летало 16 094 объекта искусственного происхождения, в том числе 3396 функционирующих и отказавших спутников и 12 698 отработавших ступеней ракет-носителей, разгонных блоков и их обломков [9]

По расчетам через 15– 30 лет из-за каскадного эффекта ближний Космос будет полностью засорен и станет непригодным для полетов. Особенно это касается геостационарных орбит, на которых отработанные спутники практически сохраняются вечно.[5]

2. Чем опасен космический мусор

Мы уже упоминали о том, что рост количества мусора на орбите Земли может привести к прекращению пилотируемых и непилотируемых полетов. Даже самая мелкая частица из этого металлолома на орбите может представлять большую опасность, ведь она несется в космосе со скоростью до 15 км в секунду.

Так, частица металла в десятые доли миллиметра может пробить космический скафандр, а с полмиллиметра настолько повредить иллюминатор в космическом челноке, что он будет нуждаться в замене. Частица же с полсантиметра может пробить оболочку космического корабля вплоть до жилого отсека и привести к его разгерметизации.[10] Попадание только объекта величиной 1 см в спутник высвобождает энергию сопоставимую с взрывом ручной гранаты.

2.1. Столкновения космических аппаратов с мусором

В настоящее время уже известны факты столкновения космических аппаратов с частицами мусора. Найденные нами данные о подобных авариях приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Случаи столкновения космических аппаратов с мусором

Год	Причина аварии
1983	Соударение шаттла Challenger и микропесчинки (менее 1 мм в диаметре), в результате чего появилась трещина на иллюминаторе
1991	Столкновение станции «Салют-7» с космическим мусором, на иллюминаторе осталась выбоина диаметром 4 мм
1996	Столкновение французского спутника CERISE с наблюдаемым фрагментом третьей ступени французской же ракеты Ариан
март 2006	Произошла авария спутника «Экспресс-AM11», космический аппарат получил значительный динамический импульс, потерял ориентацию в пространстве и начал неконтролируемое вращение.
Август 2007 г	Во время полета шаттла «Эндевор» миссии STS-118 к МКС была пробита насквозь задняя левосторонняя панель радиатора системы охлаждения. Столкнувшийся с шаттлом элемент КМ состоял из титанового сплава со следами цинка и имел размер от 1,5 до 2 мм.

Таким образом, мы видим, что орбитальный мусор представляет реальную угрозу для космических аппаратов.

2.2. Падение космического мусора на поверхность Земли

Вследствие космических аварий техногенный мусор может упасть на Землю. Это не только опасно для экологии, но и представляет радиационную опасность. Примеры таких катастроф мы собрали в таблице 3.

Таблица 3. – Случаи загрязнения поверхности Земли техногенным мусором

Дата аварии	Район радиоактивного загрязнения
Апрель 1964г.	Закончился аварией запуск американского КА Transit VBN-3. После разрушения аппарата на высоте 80 км около 100 г плутония было рассеяно в атмосфере.
Февраль 1969г	Авария РН «Протон-К», при попытке запуска первого советского лунохода «Е-8», радиоизотопный генератор на полонии-210 упал в районе полигона Байконур.
Апрель 1970 г.	При возвращении лунного модуля Aquarius экспедиции Apollo-13 контейнеры с плутонием упали в Тихий океан восточнее Новой Зеландии.

Январь 1978 г	Потерпел аварию советский спутник «Космос-954» с бортовой ядерной энергетической установкой, что привело к радиоактивному загрязнению обширного района на севере Канады.
---------------	--

2.3. Опасен ли космический мусор для МКС?

Нам всем хорошо известно, что на МКС постоянно находятся 6 человек экипажа. Если околоземное пространство очень плотно заполнено космическим мусором, как справляются с этой проблемой космонавты и астронавты, работающие на орбите? Что они предпринимают в случае нештатной ситуации? Мы поставили перед собой задачу найти информацию о таких космических происшествиях. Результаты поиска представлены в таблице 4.

Таблица 4. – МКС и космический мусор

Год	Нештатная ситуация
1999	В ожидавшемся сближении МКС с отработавшей верхней ступенью РН «Пегас» вероятность столкновения составляла 0,003, что намного выше «красного» предела. Для ухода от столкновения «подняли» МКС, увеличив ее скорость.
2001	Угроза столкновения с семикилограммовым прибором, потерянным американскими астронавтами во время выхода в открытый космос.
2003	Частичная эвакуация экипажа.
август 2008	Фрагмент «Космос 2421» должен был пролететь в непосредственной близости от станции. В это время к МКС был пристыкован европейский межорбитальный модуль «Жюль Верн». С его помощью был совершен маневр уклонения.
12 марта 2009	Эвакуация экипажа в корабль «Союз ТМА -13» с готовностью к расстыковке с МКС и возвращению на Землю. Причина была в болванке размером 13 см, которая пролетала в крайне опасной близости от МКС.
26 октября 2010	МКС была вынуждена «уходить» от столкновения с крупным обломком американского ИСЗ UARS. За два часа до предельного сближения был осуществлен небольшой маневр скоростью (+0,4 м/с), выполненный с помощью транспортного корабля «Прогресс-07М».
20 апреля 2011	Виновником маневра МКС оказался обломок размером 15...20 см ИСЗ «Космос-2251». Был совершен маневр уклонения с помощью европейского межорбитального модуля ATV-2, изменившего скорость движения МКС.
28 июня 2011 г	Расчетная вероятность столкновения с не каталогизированным, но наблюдаемым обломком оказалась равной 0,003 (расчетный промах 725 м). Космонавты переместились в пристыкованные два транспортных корабля «Союз». Обломок пролетел мимо, не задев МКС, и команда вернулась на борт станции.
2012	Частичная эвакуация экипажа, приближение фрагмента отработанной российской ракеты.

Корпус станции имеет микрометеоритную защиту, а также на МКС есть специальная программа для автоматического увода станции от столкновения с крупными объектами. С Земли ведётся удалённое наблюдение за передвижением элементов космического мусора. Если на определённом расстоянии от МКС появляется такая угроза, экипаж станции получает соответствующее предупреждение. Космические войска РФ за

десять лет своего существования предупреждали экипаж почти о 1 тысяче опасных сближений станции с космическим мусором.[8]

Как мы видим из таблицы 3., МКС вынуждена совершать маневры ухода от столкновений с орбитальным мусором в среднем пока один раз в год.

МКС за время своего существования сама породила множество сопутствующего мусора, из которого около 70 фрагментов было каталогизировано. Это и потерянные камеры, стаканы, сумка с инструментами, а также намеренно выброшенное за ненадобностью оборудование и другие предметы – в среднем 10 объектов в год. Это не считая более мелкого космического мусора.

3. Как очистить околоземное пространство

В настоящее время существует несколько проектов, целью которых является уборка космического мусора. Все они предусматривают разработку аппарата, который будет выполнять функцию космического уборщика. Описание содержания проектов представлено в таблице 5.

Таблица 5. – Проекты методов очистки околоземного пространства

Страна	Метод «космической уборки»	Содержание проекта
Аппараты, представляющие собой тормозную систему		
Англия	Небольшой солнечный парус мог бы не только предоставлять малым спутникам даровую тягу во время выполнения основной миссии, но и сводить с орбиты аппараты, отработавшие свой век.	Раскрытый парус работает как тормозная система, раскрываясь в конце срока службы спутника. Более сложные аппараты такого типа могли бы в будущем даже состыковываться со старыми спутниками с целью утилизации.
Кристин Л. Гейтс	Система сбора космического мусора GOLD	В сплутном состоянии плотно упакованный шар запускается на орбиту, прикрепляется к неработающему спутнику и надувается, что приводит к постепенному замедлению орбитальной скорости объекта.[3]
США, автор проекта Гурудас Гангули	Идея состоит в том, чтобы разбросать на высоте 1100 км пылевое облако вольфрамовых частиц, создав вокруг Земли симметричную оболочку толщиной 30 км.	Трение об атмосферу приведет к медленному сужению оболочки и ее приближению к Земле. Примерно за 10 лет облако опустится до критической высоты в 900 км. Облако вольфрамовой пыли будет тормозить мелкие обломки и увлекать их с собой. На полную очистку околоземного пространства уйдет еще 25 лет.
Аппараты, снабженные манипулятором для сборки мусора		

Япония	Японское космическое агентство JAXA займется чисткой орбиты Земли при помощи гигантских металлических сетей.	Сеть с линейными размерами в несколько километров будет выводиться на орбиту на борту специального спутника. Там она будет разворачиваться при помощи установленного на аппарате манипулятора. После того, как сеть наберет достаточно мусора, она будет отсоединяться.
Россия, автор проекта Поляков Георгий Григорьевич	Использование космического сачка	Космический сачок состоит из орбитального буксира, с которого вниз и вверх спущены на силовых тросах два многокилометровых устройства, напоминающих огромные сачки с мусоросборниками на свободных концах.
Швейцария	Миниатюрный спутник, снабжен специальной системой захвата и высокоточной системой навигации. [6]	Спутник сможет выходить на орбиты подходящего куска мусора, приближаться к нему и захватывать его с помощью манипулятора.
Испарение мусора лазерным лучом		
США	Лазерная «метла»	Установка, размещенная на экваторе, сможет очистить космос на высоте до 800 км за два года. [14]

Многие проекты ориентированы на уборку мусора с помощью специального аппарата. Следовательно, мусор должен быть возвращен на Землю. Не приведет ли это к появлению новых экологических проблем?

Первоначально у нас появилась идея: может быть, имеет смысл отправлять космический мусор к Солнцу, где он и сгорит как в гигантской топке?

Такая мысль может показаться правильной и интересной, если бы Солнце не обладало мощной силой излучения. Известно, что действующие отталкивающие силы Солнца более чем в 2 тыс. раз превышают силу притяжения Солнца. Вероятность того, что мусор вернется, велика, а последствия неизвестны.

Поэтому выбора нет, действительно нужен специальный космический уборщик. Даже если такой аппарат и появится, задачу решить будет не просто. Частицы космического мусора, находясь вблизи Земли, испытывают воздействие различных сил: тяготения Земли, Луны, Солнца, давления солнечного света, торможения земной атмосферой. Находясь под действием этих сил и взаимодействуя между собой, поля частиц и отдельные фрагменты космического мусора совершают сложные пространственные перемещения, ставя перед исследователями весьма непростые задачи [14].

4. Модель космического уборщика

У изученных нами проектов космических уборщиков много недостатков. Надувной шар сам может быть пробит мусором, облако вольфрамовой пыли само по себе тоже мусор, и неизвестно не будет ли оно

ослаблять излучение, идущее от Солнца; лазер может попасть в действующий спутник. Из всех проектов, наиболее удачными нам показались проекты с использованием солнечного паруса и роботизированной рукой-манипулятором.

Мы собрали такой манипулятор с помощью комплекта LEGO® Mindstorms, чтобы убедиться в способности робота собирать мелкие металлические предметы.



Рис.1. – Робот-уборщик.



Рис.2.- Способ захвата мусора осуществляется механическими «пальцами» и по своей сути аналогичен работе человеческой руки.

Мы протестировали способности нашей модели робота – уборщика.

Таблица 5– способность манипулятора собирать металлический мусор различной формы и размера.

	Металлический мусор	Результат	
1.	Плоская пластина	Манипулятор не может захватить объект	
2.	Жестяная банка	Манипулятор способен поднять и переместить объект	
3.	Гайки, болты	Манипулятор не может захватить объект	
4.	Стакан, высота 10 см, диаметр 5 см, масса 30г.	Манипулятор способен поднять и переместить объект	

Рис.3- захват металлического стакана.

Мы выяснили, что аппарат способен:

1. Распознавать предметы, попадающие в зону видимости встроенной ультразвуковой камеры.
2. Собирать мусор из металла, бумаги, пластика, дерева.
3. Складывать собранный мусор в строго определенное место.

Недостатки модели:

1. Манипулятору не удастся захватывать мелкие металлические предметы.
2. Роботу не удастся перемещать предметы, которые имеют ровную плоскую поверхность.

3. Робот не способен собирать движущийся мусор.
4. Способен собирать мусор только строго определенного размера.

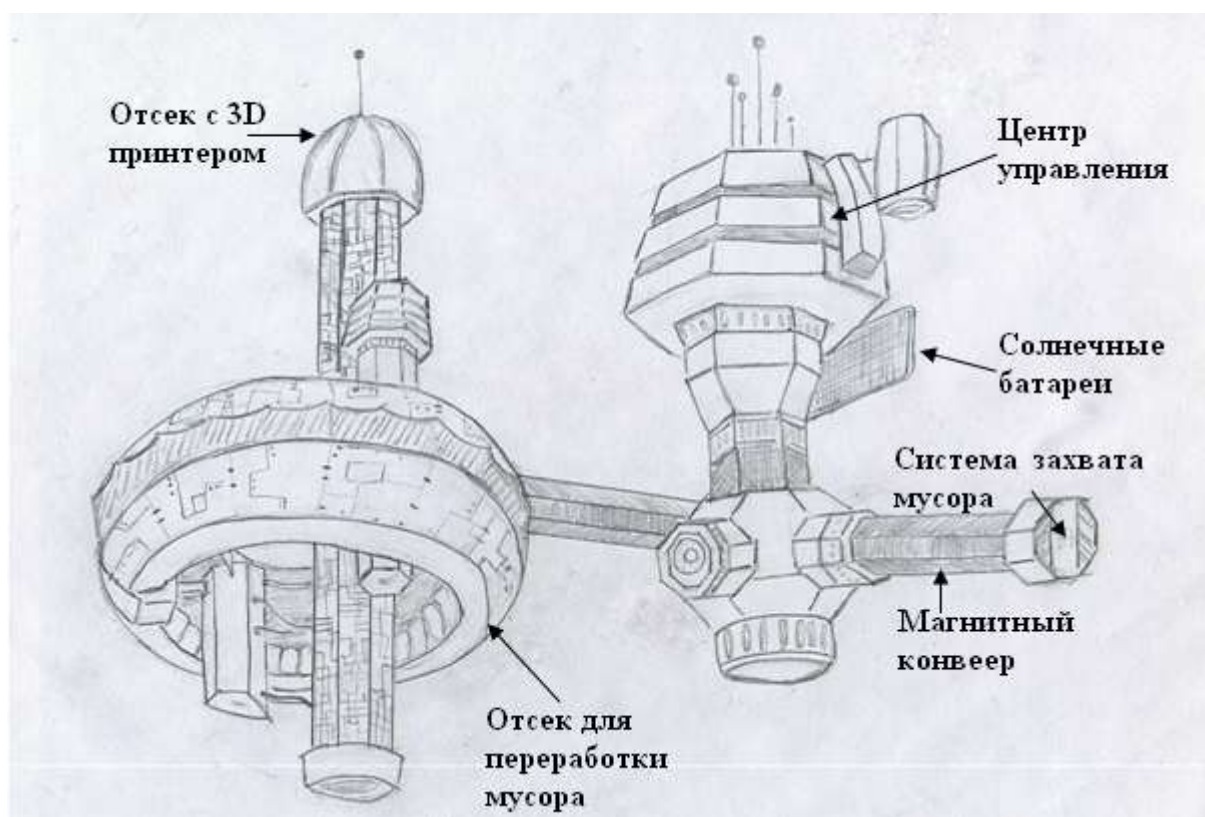
С учетом того, что робот будет находиться в околоземном пространстве в невесомости, а не на твердой поверхности и собирать движущийся мусор, становится понятно, что сбор мусора в реальных космических условиях – это сложная, научная, высокотехнологичная задача.

Анализируя результаты проведенных нами экспериментов с конструкцией робота, приходится признать, что, во-первых, такой проект неэффективен, так как имеет много недостатков, во-вторых, он будет дорогостоящим. Один робот будет не в состоянии быстро очистить околоземное пространство.

Мы предлагаем проект мини-станции по переработке орбитального мусора (рис.4). Перерабатывающая станция будет захватывать объекты с помощью системы электромагнитов. Далее мусор направляется в вакуумный трубопровод, оснащенный магнитным конвейером.

Космический завод снабжен компьютерной системой управления. Собранный мусор после сортировки попадает в отсек, где будет происходить его химическая переработка, в результате которой аппарат получит энергию, необходимую для перемещения в околоземном пространстве и совершения маневров выхода на орбиту нового космического мусора.

Рис.4. Проект космической станции.



Сфера трехмерного моделирования сделала существенный шаг вперед с появлением 3D –принтеров. Теперь от идеи детали, проекта до ее реализации – всего один шаг. 3D –печать может осуществляться разными способами и с использованием различных материалов, но в основе любого из

них лежит принцип послойного создания твёрдого объекта. В компьютерном отсеке нашей станции будет установлен такой 3D – принтер, который сможет уже на орбите из переработанного материала создавать детали и части различных механизмов, необходимых для космических станций. Это позволит решить ряд проблем современной космонавтики, т.к. грузоподъемность запускаемых космических аппаратов строго ограничена.

Для демонстрации работы нашей станции мы изготовили ее упрощенную модель, позволяющую продемонстрировать принцип захвата мусора и способа получения новых деталей.



Рис. 5. Внешний вид упрощенной модели.



Рис.6. Система захвата мусора.

Таким образом, мы предлагаем проект космической перерабатывающей станции, способной длительное время работать на околоземной орбите.

Заключение

В настоящее время космический мусор – неотъемлемая составляющая околоземной среды и должен учитываться при изучении космического пространства, проектировании космических аппаратов, планировании операций в космосе.

Изучая собранный материал, мы выяснили:

1. Околоземное пространство действительно захламлено огромным количеством мусора: прекратившими свое функционирование спутниками, отработанными ступенями и разгонными блоками ракет-носителей.
2. Техногенный мусор в околоземном космическом пространстве наносит ущерб экологии Земли: экологическое изменение околоземного пространства, снижение прозрачности околоземной среды, падение обломков космических аппаратов на Землю.
3. Каскадный эффект приведет к тому, что в ближайшие десятилетия столкновения уже существующих техногенных космических осколков начнут доминировать как источники образования нового мусора. Это ускорит появление новых катастрофических столкновений, и ситуация выйдет из-под контроля даже без вмешательства человека.

4. Проектов космического уборщика на сегодняшний день много, но ни один из них не является действующим.
5. Проекты космического уборщика представляют собой либо аппарат, осуществляющий механическую уборку, либо устройство для торможения обломков. Такие проекты являются дорогостоящими.
6. Генеральная уборка околоземного пространства на самом деле является очень сложной научной и высокотехнологичной задачей.

На сегодняшний день есть только один физически осуществимый способ очистки околоземного пространства – прекратить всю космическую деятельность на несколько миллионов лет. За это время околоземное космическое пространство, хотя и очень медленно, очистится самостоятельно. Но человечество генетически неспособно столько ждать, поэтому в последнее время многие государства занимаются активной разработкой проектов, способных решить данную проблему.

Какие решения проблемы, как нам кажется, необходимы в первую очередь:

1. Сокращение общего количества спутников. Выполнения такой задачи можно добиться только путем сотрудничества и координацией взаимодействия государств.
2. Разработать систему обнаружения и идентификации малых объектов размером от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров [12]. Необходимо создать международную систему мониторинга.
3. Введение мониторинга позволит наладить работу диспетчерской службы, направленную на сокращение количество столкновений с помощью маневров уклонений.
4. Переводить отработавшие космические аппараты и ракеты–носители на орбиту захоронения в конце космического полета.
5. Уже сейчас нужно запускать спутники, обладающие тормозными системами, такими как солнечный парус.
6. Поиск новых технологий запуска космических аппаратов, исключающих взрывы ступеней ракет–носителей.

Научная новизна нашего исследования заключается в разработке модели космической перерабатывающей станции, способной собирать металлический мусор любого размера и формы, перерабатывать его, использовать полученную энергию для осуществления маневров, из собранного материала изготавливать детали и части механизмов с помощью 3D–принтера.

Использованные ресурсы

1. Космический мусор/Википедия - [Электронный ресурс] Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Космический_мусор.
2. Синельщиков. Экологические проблемы «космического мусора» - [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ecoleague.net/34903999-432>
3. Красивый метод очистки околоземного пространства от космического мусора- [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.facepla.net/index.php/the-news/tech-news-mnu/577-a-giant-gold-balloon>
4. С.В. Кричевский. Космическая деятельность: итоги XX века и стратегия экологизации.- [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mospaceclub.ru/3part/krichev/013kRIx5eEWSKIJ.pdf>
5. Л.В. Константиновская. Засорение космоса. -[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.astronom2000.info/different/zk/>
6. Космический мусор подметут вольфрамовым веником - [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.infox.ru/science/planet/2011/04/14/Kosmicheskiy_musor_.phtml
7. Загрязнение космоса -[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://vivovoco.ibmh.msk.su/VV/JOURNAL/VRAN/DUST.HTM>
8. Новости агентства «Интерфакс»- [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.interfax.ru/print.asp?id=182635>
9. Грязь космического масштаба- [Электронный ресурс] Режим доступа: http://bodymarker.info/obscestvo/news_2011-07-21-16-51-00-557.html
10. Что делать с космическим мусором?- [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://anomaly.ru/article/23384/511>
11. Спутники на орбите – сколько и чьи?- [Электронный ресурс] Режим доступа: http://urc.ucoz.ua/news/sputniki_na_orbite_skolko_i_chi/2011-04-15-727
12. Аэрокосмические исследования, прикладная механика ТРУДЫ МФТИ. — 2010. — Том 2, № 3
13. Мусор закрывает дорогу в космос- [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://expansion.mybb.ru/viewtopic.php?id=70>
14. Космический мусор попадет под наблюдение/Наука и жизнь -[Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.nkj.ru/news/21918/>
15. Искусственный спутник Земли -[Электронный ресурс] Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный_спутник_Земли.
16. А.Крылов. Сравнительный анализ космической деятельности России, Китая и Индии. // ТСС, №3, 2010. -[Электронный ресурс] Режим доступа: [mospaceclub.ru/3part/akd_rki.pdf](http://www.mospaceclub.ru/3part/akd_rki.pdf)
17. С. С. Вениаминов, А. М. Червонов. Космический мусор—угроза человечеству. /Под редакцией Р. Р. Назирова, О. Ю. Аксенова-М. :ИКИ РАН, 2012