

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
КОНКУРС ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ  
«Ю.А. Гагарин и его наследие в истории страны и всего мира».**

*Посвящается 85-летию со дня рождения Ю.А. Гагарина*

**Победители исследовательских проектов в рамках технического направления**

**Студенты**

**I место** Ершова Полина Андреевна ВлГУ ФМ-114 «Мультимедийная игра «Путешествие по Солнечной системе»». Научный руководитель: Гончаров А. В. к. ф-м. н. доц. кафедры ОиТФ.

**II место** Охупкина Марина, студент ВлГУ ФМ-115. «Исследования Марса и проблемы его колонизации». Научный руководитель: Гончаров А. В. к. ф-м. н. доц. кафедры ОиТФ.

**III место** Баскакова Вера Сергеевна, Орлова Дарья Александровна ВлГУ ФМ-116 «Теоретические основы перелета на планету Марс», Научный руководитель: Мокрова Альбина Андреевна, к.ф.-м.н., доц. кафедры ОиТФ.

**Школьники**

**I место, II место** Нефедов Серафим Юрьевич, МБОУ «СОШ № 17», г.Новомосковск. «Планетоход «МОНОЦИКЛ»». Науч. рук. Нефёдов Юрий Алексеевич, учитель технологии, МБОУ «СОШ №17», г. Новомосковск Тульской области, Николаева Наталья Викторовна, педагог дополнительного образования МБУ ДО «ДДЮТ», г. Новомосковск Тульской области.

**I место, II место** Селянин Дмитрий Алексеевич, МБОУ «СОШ»№18, класс 11, г. Новомосковск «Солнечный концентратор». Науч. рук. Николаева Наталья Викторовна, педагог дополнительного образования МБУ ДО «ДДЮТ», г. Новомосковск Тульской области.

**III место** Гавриков Михаил Михайлович, г. Новомосковск МБОУ «Лицей», класс 11. «Анализ возможности применения технологических роботов вертикального перемещения на поверхности космического аппарата».

**IV место** Сорокин Дмитрий Сергеевич, МБОУ «СОШ № 20», 11 «А» г. Новомосковск. «Умная теплица для марсианской базы». Науч. рук. Николаева Наталья Викторовна, педагог дополнительного образования МБУ ДО «ДДЮТ», г. Новомосковск Тульской области.

**V место** Крутских Анна Андреевна, МБОУ «СОШ № 25», г. Новомосковск. «Эффективность использования электрического паруса» Науч. руководитель: Николаева Наталья Викторовна, педагог дополнительного образования МБУ ДО «ДДЮТ», г. Новомосковск Тульской области.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

## **ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

Студент        Ершова Полина Андреевна

Институт      Педагогический

Направление        44.03.05. – Педагогическое образование,  
профили: «Физика. Математика»

**Тема исследовательской работы:**

**Мультимедийная игра «Путешествие по Солнечной системе»**

Научный руководитель:

Доцент кафедры ОиТФ,

Кандидат ф.-м. наук

Гончаров Александр Васильевич

г. Владимир 2019

Целью игры «Путешествие по Солнечной системе» является знакомство школьников с общими представлениями об устройстве Солнечной системы, а также с историей развития отечественной космонавтики.

Задачи:

- ✓ Расширить кругозор учащихся
- ✓ Познакомить школьников с историей отечественной космонавтики
- ✓ Привить учащимся чувства гордости и патриотизма к заслугам отечественной науки и космонавтики
- ✓ Развить умение школьников слаженно работать в команде

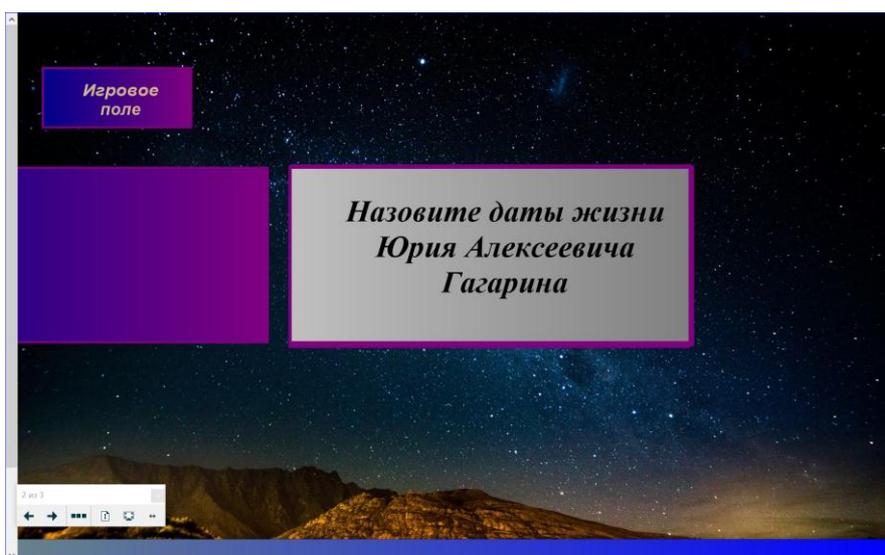
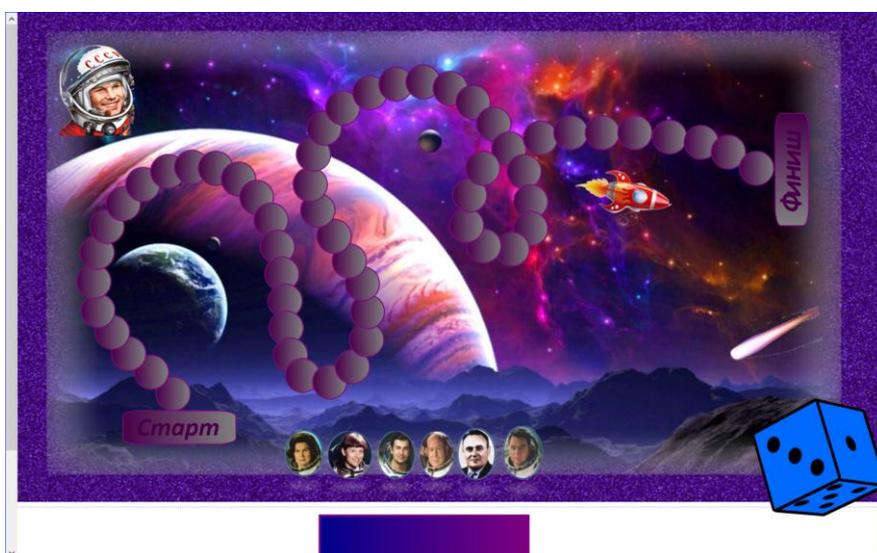
Актуальность: В 2019-ом году вся наша великая страна с огромной гордостью в душе отмечает юбилей со дня Рождения советского героя, космонавта-первопроходца –Юрия Алексеевича Гагарина. Именно этот бесстрашный человек в 1962 году стал первым во всем мире человеком, побывавшим в космосе.

Мультимедийная игра «путешествие по Солнечной системе» дает возможность школьникам и взрослым вспомнить о заслугах советских ученых и космонавтов, а также узнать что-то новое о устройстве Вселенной.

Правила игры: Игра «Путешествие по Солнечной системе» предусмотрена в электронном виде в программе SMARTNOTEBOOK, которая предназначена для использования, как на мультимедийной доске, так и на персональных компьютерах.

Участие в игре возможно для 2-6 человек (команд). Каждому участнику(команде) в начале игры присваивается своя «фишка», которая в последствии будет передвигаться по полю, в соответствии с условиями игры. Изначально все «фишки» участвующих находятся на поле «СТАРТ». Все команды в произвольной очереди приводят в действие электронную кость для игры, а далее в порядке убывания (количества точек на грани кубика) начинают ходить. Ход команды начинается с ответа на вопрос, который появляется на поле. Правильный

ответ дает право «подкидывать кубик», после чего, фишка ответившей команды передвигается по направлению к «ФИНИШУ» на такое же количество клеток, каким оказалось количество точек на видимой грани кубика. При неверном ответе на вопрос, фишка команды остается на месте. Также в игре предусмотрены «ШТРАФ» и «ПРИЗ». Каждая из этих карточек в произвольном порядке может появиться вместо вопроса дважды за игру. Карточка «ШТРАФ» отменяет право команды ответить на вопрос и предписывает возвращение фишки на одну клетку назад. «ПРИЗ» дает право команде переместить фишку на 3 клетки вперед. Побеждает та команда, которая первой доберется до финиша.



Герои игры на фишках команд выбраны неслучайно:

✓ Валентина Терешкова

Первая женщина-космонавт. Российский политик. Депутат Государственной думы Российской Федерации Федерального собрания Российской Федерации, заместитель председателя комитета Государственной думы по федеративному устройству и вопросам местного самоуправления с 21 декабря 2011 года.

✓ Светлана Савицкая

Советский космонавт, лётчик-испытатель, педагог. Вторая в мире женщина-космонавт после Валентины Терешковой. Первая в мире женщина-космонавт, вышедшая в открытый космос.

Единственная женщина — дважды Герой Советского Союза. Лётчик-космонавт СССР. Заслуженный мастер спорта СССР. Член КПСС/КПРФ с 1975 года. Кандидат технических наук.

Депутат Верховного Совета СССР (1989—1991). Депутат Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации.

✓ Герман Титов

Первый человек, совершивший длительный космический полёт (более суток), второй советский человек в космосе, второй человек в мире, совершивший орбитальный космический полёт, самый молодой космонавт в истории. Герой Советского Союза (9 августа 1961 года). Дублёр Юрия Гагарина; доктор военных наук, доцент.

✓ Алексей Леонов

Советский космонавт № 11, первый человек, вышедший в открытый космос. Дважды Герой Советского Союза (1965, 1975)

✓ Сергей Королев

Советский ученый, конструктор ракетно-космических систем, председатель Совета главных конструкторов СССР (1950—1966). Академик АН СССР (1958).

Сергей Королёв является одним из основных создателей советской ракетно-космической техники, обеспечившей стратегический паритет и сделавшей СССР передовой ракетно-космической державой, и ключевой фигурой в освоении человеком космоса, создателем практической космонавтики. Под его руководством был осуществлён запуск первого искусственного спутника Земли и первого космонавта планеты Юрия Гагарина.

✓ **Георгий Гречко**

Советский космонавт, дважды Герой Советского Союза. Лётчик-космонавт СССР № 34 (1975). Совершил за свою профессиональную карьеру три космических полёта, общая продолжительность которых составляет 134 дня 20 часов 32 минуты и 58 секунд. Космонавт также совершил один выход в открытый космос на 1 час 28 минут.

\*Биография Юрия Алексеевича Гагарина рассматривается в ходе игры более детально, поэтому, на наш взгляд, было бы не объективно какой-либо команде данной игры, выполнять задания под фишкой с изображением этого героя.

Вопросы, встречающиеся в игре:

1. Назовите даты жизни Юрия Алексеевича Гагарина (9.03.1934-27.03.1968)
2. Назовите дату запуска "Восток-1"
3. Назовите фамилию, имя и отчество первого человека-космонавта (Юрий Алексеевич Гагарин)
4. Назовите фамилию, имя и отчество первого человека-космонавта, вышедшего в открытый космос (Алексей Архипович Леонов)

5. С какого космодрома был запущен "Восток-1"?  
(Байконур)
6. Сколько времени длился первый полет в космос (108 минут)
7. Где приземлился "Восток-1" (Саратовская область, недалеко от г. Энгельс)
8. Какое высшее учебное заведение окончил Ю.А. Гагарин (Военно-воздушную инженерную академию имени профессора Н. Е. Жуковского)
9. Какой город был переименован в 1968 г. Гагарин (Гжатск- место рождения Ю.А.Гагарина)
10. По какой причине школьное обучение было прервано более чем на 1.5года (деревню Клушино оккупировали немцы)
11. Как называлась группа космонавтов, отобранных для первого полета в космос (Первый отряд космонавтов СССР)
12. Автор фразы-команды "Поехали!" (Руководитель тренировок космонавтов, знаменитый летчик-испытатель Марк Лазаревич Галлай)
13. С каких слов был начат первый полет Гагарина в космос? ("Поехали!")
14. Кто был назначен дубленки Юрия Гагарина в первом полете в космос (Герман Титов)
15. Позывной Гагарина при первом космическом полете ( "Кедр")
16. Чему равна первая космическая скорость? (7.91 км/с)
17. Объясните физический смысл 1-ой космической скорости.  
(минимальная (для заданной высоты над поверхностью планеты) скорость, которую необходимо придать объекту, чтобы он совершал движение по круговой орбите вокруг планеты)
18. Объясните физический смысл 2-ой космической скорости.  
(наименьшая скорость, которую необходимо придать объекту (например, космическому аппарату), масса которого пренебрежимо мала по сравнению с массой небесного тела (например, планеты), для преодоления гравитационного притяжения этого небесного тела и покидания замкнутой орбиты вокруг него)
19. Чему равна 2-ая космическая скорость? (11,2 км/с)

20. Назовите имя первой женщины-космонавта. (Валентина Терешкова)
21. Назовите первых животных, отправившихся в космос (Белка и Стрелка)
22. Назовите год полета в космос Белки и Стрелки?
23. Какие животные были отправлены в космос (собаки, кошки, обезьяны, черепахи, морские свинки, крысы, мыши, перепела, тритоны, лягушки, улитки и некоторые виды рыб)
24. Назовите имя генерального конструктора ракетно-космической промышленности СССР, председателя Совета главных конструкторов СССР. Академика АН СССР. (Королев Сергей Павлович)
25. Назовите основные заслуги Константина Эдуардовича Циолковского в советской космонавтике? (Доказал необходимость использования многоступенчатых космических кораблей, Им предложены: газовые рули (из графита) для управления полётом ракеты и изменения траектории движения её центра масс; использование компонентов топлива для охлаждения внешней оболочки космического аппарата (во время входа в атмосферу Земли), стенок камеры сгорания и сопла; насосная система подачи компонентов топлива и др. В области ракетных топлив Циолковский исследовал большое число различных окислителей и горючих; рекомендовал топливные пары: жидкие кислород с водородом, кислород с углеводородами)
26. Чему равно ускорение свободного падения на Земле ( $9.8 \text{ м/с}^2$ )
27. Чему равно ускорение свободного падения на Луне ( $1.6 \text{ м/с}^2$ )
28. Сколько планет входит в состав Солнечной системы? в
29. Назовите все планеты солнечной системы от частной близкой до частной отдаленной (Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун)
30. Какая планета и в каком году вышла из состава Солнечной системы? ( в 2006 году Плутон)
31. Что такое " максимально абсорбирующая одежда" и для чего она нужна космонавтам? (Подгузники используют космонавты во время перегрузок)

32. В честь кого названа Венера?( В честь римской богини любви и красоты)
33. В честь кого назван Плутон (в честь римского бога подземного царства)
34. В честь кого назван Меркурий (Меркурий-посланец богов)
35. В честь кого назван Марс? (Римский бог войны)
36. В честь кого назван Юпитер? (Самая большая планета в честь римского правителя богов)
37. В честь кого назван Нептун? (Римский бог моря)
38. В честь кого назван Сатурн? (Римский бог сельского хозяйства)
39. В честь кого назван Уран (Греческий бог неба)
40. Почему звезды мерцают? (Оптический эффект происходит из-за того, что свет переходит через различные газы в атмосфере Земли)
41. Может ли кровь застыть в космосе без скафандра? Почему? (Может, из-за высокого давления, температура кипения жидкости сложно снизиться до температуры тела)
42. Сколько на данный момент в космосе космических станций? (2)
43. Назовите обе космические станции (МКС и Тяньгун-1)
44. Назовите страны-создатели МКС и Тяньгун-1 (МКС:Россия, США, Япония, Канада и Европейское космическое агентство, Тяньгун-1 -Китай)
45. Что такое перегрузка? ( физический процесс в ходе которого космонавт ощущает на себе давление много больше, что на поверхности Земли)
46. Что такое невесомость? ( состояние тела, при котором оно не оказывает давление ни на опору, ни на подвес)
47. Какие физические условия должны быть соблюдены, для достижения телом состояния невесомости? (Ускорение свободного падения и ускорение тела должны быть равны по модулю и противоположны по направлению)
48. Какие физические условия должны быть соблюдены, для достижения телом

состояния перегрузки? (Ускорение тела и ускорение свободного падения сонаправлены)

49. Какая из планет Солнечной системы находится ближе всего к Земле? (Венера)

50. Какая из планет Солнечной системы, кроме Земли, пригодна для освоения человеком? Обоснуйте свой ответ. (Марс, возможно производство пищевых ресурсов, кислорода и строй материалов.)

51. Видимое годичное движение Солнца. (Эклиптика)

52. Точки пересечения орбиты Луны с эклипкой. (Лунные узлы)

53. Назовите известные вам фазы Луны. Минимум 5 фаз. ( Новолуние, растущий месяц, первая четверть, растущая Луна, полнолуние, убывающая Луна, третья четверть, убывающий месяц)

54. Самая высокая гора Солнечной системы. (Потухший вулкан Олимп на Марсе)

55. Назовите спутники Марса (Фобос «страх» и Деймос «ужас»)

56. Сколько естественных спутников у Земли? Назовите их все. ( У Земли 1 спутник –Луна )

57. Назовите основные источники электричества на первых космических спутниках? (Солнечные батареи и аккумуляторы)

58. Какой недостаток аккумулятора препятствует использование его в качестве основного источника электричества на ОКС?

(Большой вес аккумулятора при малой энергоемкости не позволяет использовать аккумулятор в качестве основного источника электроэнергии)

59. Объясните принцип работы солнечных батарей. (Солнечные батареи работают на принципе преобразования энергии солнечного излучения в электричество)

60. Как необходимо располагать солнечные батареи на космическом корабле для получения максимальной мощности, вырабатываемого тока?

(Солнечные батареи необходимо располагать перпендикулярно падающим солнечным лучам)

61. Каков коэффициент полезного действия солнечных батарей? ( 11-13%, теоретически возможно повысить КПД солнечных батарей до 25%)

62. Назовите главный источник опасности для солнечных батарей?

(Космическая радиация и метеорная пыль, вызывающие эрозию поверхности кремниевых элементов и уменьшающих срок службы солнечных батарей)

63. Какой источник энергии возможно использовать на ОКС, кроме солнечных батарей и аккумуляторов?

(Ядерные источники электроэнергии)

64. Назовите основные (не менее 4-х) составные части ядерного реактора, используемого на современных космических станциях?

(Реактор, кипятильник, насос, турбина, электрогенератор, холодильник)

Заключение: исходя из всего вышесказанного, представленный нами проект – мультимедийная игра «Путешествие по Солнечной системе» чрезвычайно полезна для расширения кругозора детей и взрослых, так как содержит вопросы по истории космонавтики , биографии Гагарина Ю.А. и других великих космонавтов и ученых, астрономии, физике и т.д. Более того, разработанную нами игру можно использовать во время тематического классного часа, на уроках астрономии, во время внеурочных занятий с помощью мультимедийной доски и даже дома на персональном компьютере.

## Библиографический список:

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гагарин,\\_Юрий\\_Алексеевич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гагарин,_Юрий_Алексеевич)
2. <https://www.molodostivivat.ru/polezno-znat/astronomiya-terminy-i-opredeleniya.html>
3. <https://www.digis.ru/upload/iblock/f7c/Руководство%20пользователя%20SMART%20NOTEBOOK%2011.pdf>

4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Терешкова,\\_Валентина\\_Владимировна](https://ru.wikipedia.org/wiki/Терешкова,_Валентина_Владимировна)
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Леонов,\\_Алексей\\_Архипович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Леонов,_Алексей_Архипович)
6. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Савицкая,\\_Светлана\\_Евгеньевна](https://ru.wikipedia.org/wiki/Савицкая,_Светлана_Евгеньевна)
7. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гречко,\\_Георгий\\_Михайлович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гречко,_Георгий_Михайлович)
8. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Королёв,\\_Сергей\\_Павлович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Королёв,_Сергей_Павлович)
9. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Титов,\\_Герман\\_Степанович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Титов,_Герман_Степанович)

**Мультимедийная игра**  
**«Путешествие**  
**по**  
**Солнечной системе»**

*Разработала студентка*  
*ФМО гр. ФМ-114*  
*Ершова Полина*  
*Научный руководитель:*  
*доцент каф. ОиТФ*  
*Кандидат ф.-м. наук*  
*Гончаров А.В.*

Целью игры  
«Путешествие по Солнечной системе»  
является знакомство школьников  
с общими представлениями об устройстве  
Солнечной системы, а так же  
с историей развития отечественной  
космонавтики.

# Исследовательские задачи

- **Расширить кругозор учащихся**
- **Познакомить школьников с историей отечественной космонавтики**
- **Привить учащимся чувства гордости и патриотизма к заслугам отечественной науки и космонавтики**
- **Развить умение школьников слаженно работать в команде**

# Актуальность:

**В 2019-ом году вся наша великая страна с огромной гордостью в душе отмечает юбилей со дня Рождения советского героя, космонавта-первопроходца – Юрия Алексеевича Гагарина. Именно этот бесстрашный человек в 1962 году стал первым во всем мире человеком, побывавшим в космосе. Мультимедийная игра «путешествие по Солнечной системе» дает возможность школьникам и взрослым вспомнить о заслугах советских ученых и космонавтов, а также узнать что-то новое о устройстве Вселенной.**

# «ПУТЕШЕСТВИЕ ПО СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ»



# Правила игры

Игра «Путешествие по Солнечной системе» предусмотрена в электронном виде в программе SMARTNOTEBOOK, которая предназначена для использования, как на мультимедийной доске, так и на персональных компьютерах.

Участие в игре возможно для 2-6 человек (команд). Каждому участнику(команде) в начале игры присваивается своя «фишка», которая в последствии будет передвигаться по полю, в соответствии с условиями игры. Изначально все «фишки» участвующих находятся на поле «СТАРТ». Все команды в произвольной очереди приводят в действие электронную кость для игры, а далее в порядке убывания (количества точек на грани кубика) начинают ходить.

# Правила игры

Ход команды начинается с ответа на вопрос, который появляется на поле. Правильный ответ дает право «подкидывать кубик», после чего, фишка ответившей команды передвигается по направлению к «ФИНИШУ» на такое же количество клеток, каким оказалось количество точек на видимой грани кубика. При неверном ответе на вопрос, фишка команды остается на месте. Также в игре предусмотрены «ШТРАФ» и «ПРИЗ». Каждая из этих карточек в произвольном порядке может появиться вместо вопроса дважды за игру. Карточка «ШТРАФ» отменяет право команды ответить на вопрос и предписывает возвращение фишки на одну клетку назад. «ПРИЗ» дает право команде переместить фишку на 3 клетки вперед. Побеждает та команда, которая первой доберется до финиша.

# Вопросы игры включают в себя следующие темы:

- Биография Гагарина Ю.А.
- История отечественной  
космонавтики
- Астрономия
- Устройства космических  
кораблей

*Игровое  
поле*

*Назовите даты жизни  
Юрия Алексеевича  
Гагарина*

# Герои игры на фишках команд выбраны неслучайно:

- ✓ Валентина Терешкова
- ✓ Светлана Савицкая
- ✓ Герман Титов
- ✓ Алексей Леонов
- ✓ Сергей Королев
- ✓ Георгий Гречко

\*Биография Юрия Алексеевича Гагарина рассматривается в ходе игры более детально, поэтому, на наш взгляд, было бы не объективно какой-либо команде данной игры, выполнять задания под фишкой с изображением этого героя.

# Валентина Терешкова



Первая женщина-космонавт.  
Российский политик. Депутат  
Государственной думы  
Российской Федерации  
Федерального собрания  
Российской Федерации,  
заместитель председателя  
комитета Государственной думы  
по федеративному устройству и  
вопросам местного  
самоуправления с 21 декабря  
2011 года.

# Светлана Савицкая

Советский космонавт, лётчик-испытатель, педагог. Вторая в мире женщина-космонавт после Валентины Терешковой. Первая в мире женщина-космонавт, вышедшая в открытый космос.

Единственная женщина — дважды Герой Советского Союза. Лётчик-космонавт СССР. Заслуженный мастер спорта СССР. Член КПСС/КПРФ с 1975 года. Кандидат технических наук. Депутат Верховного Совета СССР (1989—1991).

Депутат Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации.



# Герман Титов



Первый человек, совершивший длительный космический полёт (более суток), второй советский человек в космосе, второй человек в мире, совершивший орбитальный космический полёт, самый молодой космонавт в истории. Герой Советского Союза (9 августа 1961 года). Дублёр Юрия Гагарина; доктор военных наук, доцент.

# Алексей Леонов

Советский космонавт  
№ 11, первый  
человек, вышедший в  
открытый космос.  
Дважды Герой  
Советского Союза  
(1965, 1975)



# Сергей Королёв



Советский ученый, конструктор ракетно-космических систем, председатель Совета главных конструкторов СССР (1950—1966). Академик АН СССР (1958). Сергей Королёв является одним из основных создателей советской ракетно-космической техники, обеспечившей стратегический паритет и сделавшей СССР передовой ракетно-космической державой, и ключевой фигурой в освоении человеком космоса, создателем практической космонавтики. Под его руководством был осуществлён запуск первого искусственного спутника Земли и первого космонавта планеты Юрия Гагарина.

# Георгий Гречко

Советский космонавт, дважды Герой Советского Союза. Лётчик-космонавт СССР № 34 (1975). Совершил за свою профессиональную карьеру три космических полёта, общая продолжительность которых составляет 134 дня 20 часов 32 минуты и 58 секунд. Космонавт также совершил один выход в открытый космос на 1 час 28 минут.



# Библиографический список:

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гагарин,\\_Юрий\\_Алексеевич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гагарин,_Юрий_Алексеевич)
2. <https://www.molodostivivat.ru/polezno-znat/astronomiya-terminy-i-opredeleniya.html>
3. <https://www.digis.ru/upload/iblock/f7c/Руководство%20пользователя%20SMART%20NOTEBOOK%2011.pdf>
4. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Терешкова,\\_Валентина\\_Владимировна](https://ru.wikipedia.org/wiki/Терешкова,_Валентина_Владимировна)
5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Леонов,\\_Алексей\\_Архипович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Леонов,_Алексей_Архипович)
6. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Савицкая,\\_Светлана\\_Евгеньевна](https://ru.wikipedia.org/wiki/Савицкая,_Светлана_Евгеньевна)
7. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гречко,\\_Георгий\\_Михайлович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гречко,_Георгий_Михайлович)
8. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Королёв,\\_Сергей\\_Павлович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Королёв,_Сергей_Павлович)
9. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Титов,\\_Герман\\_Степанович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Титов,_Герман_Степанович)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
(ВлГУ)

## Исследования Марса и проблемы его колонизации

студентка гр. ФМ-115

Охапкина М. В.

Научный руководитель:

к. ф-м. н. доц. кафедры ОиТФ

Гончаров А. В.

Владимир – 2019 г.

*« Утверждают космонавты  
и мечтатели,  
что на Марсе будут яблони цвести»*  
(Е. Долматовский – В. Мурадели)

**Актуальность работы:** Актуальность данной темы вызвана тем, что в последние годы на основе разработок современных технологий и теории эволюции вселенной рассматривается вопрос о будущем нашей цивилизации.

**Цель работы:** Изучить историю исследования Марса и выяснить вероятность колонизации Марса в ближайшее время.

**Исследовательские задачи:**

- Проанализировать историю изучения Марса с конца 19 века по настоящее время.
- Структурировать информацию полученную с помощью космических станций, отправленных к Марсу.
- Оценить вероятность и основную проблему колонизации Марса человечеством до середины 21 века

**Краткое содержание и выводы, приведённые в презентации**

В данной работе мы рассмотрели историю изучения планеты Марс с конца 19 века и по настоящее время.

Рассмотрены проблемы колонизации Марса:

Выяснилось, что одной из основных проблем является радиация. Для её решения предлагаются такие глобальные проекты, такие как создание искусственных магнитного поля и атмосферы. Атмосферу предполагается создать за счёт электрохимической переработкой части грунта поверхности Марса.

Нами проведены расчёты энергии и сколько потребуется времени для создания марсианской атмосферы, давление которой было бы равно давлению земной атмосферы. На основании этих расчётов сделаны соответствующие выводы.

## 2 – 4 слайды

Указаны актуальность, цель и задачи

## На 5 слайде

Отражены основные сведения о планете Марс.

Марс четвертая планета от Солнца и последняя из планет земной группы. Марс назван в честь мифологической фигуры — римского бога войны. В дополнение к его официальному названию Марс иногда называют Красной планетой.

**Экваториальная скорость вращения:** 868,22 км/ч

**Масса (m):**  $6,4171 \cdot 10^{23}$  кг; 0,107 земной

**Орбитальная скорость (v):** 24,13 км/с (средн.); 24,077 км/с

**Площадь поверхности (S):**  $1,4437 \cdot 10^8$  км<sup>2</sup>; 0,283 земной

**Экваториальный радиус:**  $3396,2 \pm 0,1$  км; 0,532 земного

На 6 слайде используются сведения открытий на Марсе. По-настоящему изучение Марса начинается с 11 августа 1877 года. Именно в этот день, а точнее вечер, Асаф Холл, сотрудник Морской обсерватории США, обнаружил первый спутник Марса. А еще спустя несколько вечеров, 17 августа, он же открыл и второй спутник.

Более интенсивное изучение Марса началось в 20 веке.

До 60-х -50-х годов осуществлялось изучение Марса с Земли.

С 1960-х годов к Марсу для подробного изучения планеты с орбиты и фотографирования поверхности были направлены несколько автоматических межпланетных станций. Первым космическим аппаратом, исследовавшим Марс с пролётной траектории, стал американский Маринер-4.

На 7 слайде отображена информация о спутниках Марса.

Еще в древние времена астрологи высказали предположение что у Марса имеются два спутника, но до их открытия прошло еще много лет. Немного вспомним греческую мифологию. Марс — это бог войны. Фобос и Деймос — его сыновья, в переводе с того же греческого их имена означают — «страх» и «ужас».



Известный английский писатель Джонатан Свифт самым удивительным образом предсказал открытие Фобоса и Деймоса: ученые-математики его фантастической страны Лапуты открыли «...две маленьких звезды или два спутника, обращающихся около Марса... Первый совершает свое обращение в течение десяти часов, а второй в течение двадцати одного с половиной часа». До сих пор не ясно, как писатель смог это сделать за много лет до того события, когда спутники были действительно открыты с помощью телескопа в 1877 году. Удивительное совпадение! Но вернемся к фактам.



В упомянутом выше году спутники и были обнаружены. После их открытия астрономом А.Холлом, учеными было высказано много предположений относительно происхождения Фобоса и Деймоса. Например, что спутники Марса являются остатками некогда существовавшей у Красной планеты Луны. Эта марсианская Луна якобы разрушилась под воздействием притяжения планеты, в итоге самые массивные части упали на Марс, а небольшие — остались на орбите и продолжали свое движение по ней. А также, что эти планеты являются захваченными Марсом гигантскими астероидами. Последняя, по предположению многих ученых, является наиболее приемлемой. А в 1945 году американский астроном Б. Шарплесс обнаружил в движении Фобоса интересный факт- вековое ускорение. Из его расчетов получалось, что Фобос движется вокруг Марса по очень пологой спирали и постепенно снижается, а Деймос постепенно переходит на более дальние орбиты. Тогда Шарплесс высказал предположение, что через 15 миллионов лет спутник Марса просто упадет на красную планету, нарушая все законы науки. В поисках ответа на эту загадку ученые обратили внимание, что по таким же спиралям движутся искусственные спутники Земли: торможение о верхние слои атмосферы заставляет их неуклонно снижаться, а приближение к центру планеты вызывает ускорение движения. Высказывалось предположение, что может по этим причинам и происходит изменение параметров орбиты Фобоса. Ну а что же наши ученые? Они тоже не отставали в высказывании самых фантастических теорий относительно спутников красной планеты. Советский астрофизик И.Шкловский в 1959 году рассчитал при каких условиях аэродинамическое торможение на высоте шесть тысяч километров в

верхних слоях атмосферы Марса может привести к такой траектории движения Фобоса и высказал гипотезу, что Фобос — космическое тело с пустотой внутри. Но все дело в том, что в условиях космоса такое не может произойти естественным путем! Выходит, Фобос — не природное космическое тело, а искусственный спутник, покинутый обитателями? Интересно, что в 1988-1989 годах произошла загадочная гибель двух советских межпланетных аппаратов, но связь этих фактов так и осталась не доказанной.

Однако, другой советский исследователь Н.Парийский высказал свое предположение относительно векового ускорения спутника Марса. По мнению ученого, Фобос находится слишком близко к красной планете и его движение вызывает мощные приливы марсианской коры. Что то подобное наблюдается и во время лунных приливов на Земле. Сам спутник при этом притормаживается приливным утолщением этой марсианской коры и его тяготением. Этим приливным торможением также вызывается движение Фобоса по спиральной траектории. Эту теорию подтверждает и то, что второй спутник Марса — Деймос, располагающийся значительно дальше от Марса, никакого векового ускорения не испытывает.

После детального исследования космических снимков, полученных современным космическими аппаратами, отчетливо видно, что Фобос и Деймос — две огромные массивные глыбы природного происхождения. Размеры спутников таковы: Фобоса 27км на 21км, а Деймоса 15км на 12км, первый совершает оборот вокруг планеты Марс примерно за 30 часов, второй-за 7. Возможно они образовались гораздо раньше, чем сам Марс.

В ландшафте Фобоса космическими приборами обнаружены загадочные параллельные борозды шириной до 600 метров и глубиной до 100 метров. Вероятно, это произошло в результате обработки спутника метеоритами. Кроме всего прочего, Фобос и Деймос вращаются в противоположную всем спутникам планет земной группы сторону. В любом случае, дальнейшее изучение этих загадочных спутников прольет свет на исследования всех этапов формирования Солнечной Системы. Будем ждать новых интересных гипотез и фактов!

### **На 8 и 9 слайдах**

Рассмотрены астрономические приборы для изучения Марса с Земли. Первые наблюдения Марса проводились до изобретения телескопа. Это были позиционные наблюдения с целью определения положений планеты по отношению к звёздам. Такие наблюдения проводил ещё Коперник, стараясь подкрепить ими свою гелиоцентрическую систему мира. Точность наблюдений Коперника составляла около одной минуты дуги. Значительно более точными были наблюдения знаменитого датского астронома Тихо Браге; их точность

достигала до 10 секунд дуги. За свою долгую жизнь Тихо пронаблюдал десять противостояний Марса, накопив непрерывный ряд наблюдений за 22 года. Этот ценнейший материал попал после смерти Тихо в самые верные руки - в руки Иоганна Кеплера, прекрасного вычислителя, человека широких взглядов. Обработка наблюдений положений Марса, выполненных Тихо Браге, привела Кеплера к открытию трёх его знаменитых законов движения планет. Первые телескопические наблюдения Марса были проведены Галилео Галилеем в 1610 году. В течение XVII столетия астрономы обнаружили на планете различные детали поверхности. Улучшение качества оптики у телескопов в начале XIX века позволило провести к артографирование постоянных оптических деталей. Первая карта Марса была опубликована в 1840 году, а более точное картографирование началось с 1877 года.

В 1969 году организован Международный планетный патруль (*International Planetary Patrol Program*) в составе семи обсерваторий, расположенных сравнительно равномерно по долготе и недалеко от экватора. Цель патруля - наблюдение широкомасштабных атмосферных явлений и деталей поверхности планет а также получение непрерывных серий снимков. Обсерватории патруля оснащены однотипными телескопами и фотокамерами с электронным оборудованием, обеспечивающим заданную длительность экспозиций, регистрацию даты и времени снимка и других его характеристик. Обсерватории патруля следят за облаками и пыльными бурями а также сезонными изменениями поверхности Марса. Проведены подробные наблюдения марсианских пыльных бурь 1971 и 1973 годов. Полученные изображения отражают марсианские сезонные изменения и показывают, что большинство марсианских пылевых бурь происходят, когда планета находится ближе всего к Солнцу.

### **На 10 и 11 слайдах**

Отражено изучение Марса с космических станций. С 1960-х годов к Марсу для подробного изучения планеты с орбиты и фотографирования поверхности были направлены несколько автоматических межпланетных станций. Первым космическим аппаратом, исследовавшим Марс с пролётной траектории, стал американский Маринер-4. Первым искусственным спутником Марса стал американский Маринер-9. Первым совершил посадку на Марс спускаемый аппарат советской автоматической межпланетной станции Марс-3 в 1971 году. Передача данных с автоматической марсианской станции началась вскоре после её посадки на поверхность Марса, но прекратилась через 14,5 секунд. Попытки мягкой посадки автоматической марсианской станции спускаемыми аппаратами

советских АМС Марс-2 в 1971 году и Марс-6, Марс-7 в 1973 году были неудачными. Первая работающая автоматическая марсианская станция являлась частью американского Викинга-1. Станция после мягкой посадки в 1976 году передала первые снимки с поверхности Марса, провела первые непосредственные исследования атмосферы и грунта.

Основными задачами изучения Марса с орбиты искусственных спутников в 1970-е годы являлось определение характеристик атмосферы и фотографирование поверхности. Было предусмотрено изучение магнитного и гравитационного полей планеты, её тепловых характеристик, рельефа и прочего, для чего были запущены советские автоматические межпланетные станции «Марс-2» и «Марс-3». В районе посадки станции предполагалось определение физических характеристик грунта, определение характера поверхностной породы, экспериментальная проверка возможности получения телевизионных изображений окружающей местности, и так далее. Спускаемый аппарат «Марс-3» совершил мягкую посадку на поверхность «красной планеты» между областями Электрис и Фаэтонис в районе с координатами  $45^{\circ}$  ю. ш. и  $158^{\circ}$  з. д. На его борту был установлен вымпел с изображением герба СССР. Через 1 минуту 30 секунд после посадки АМС была приведена в рабочее состояние, и в 16 часов 50 мин. 35 сек. началась передача видеосигналов с поверхности планеты. Они были приняты и записаны на борту искусственного спутника «Марс-3» и затем в сеансах радиосвязи переданы на Землю. Принятые с поверхности Марса видеосигналы были непродолжительными (около 20 сек.) и резко прекратились. В комплексе экспериментов, проводившихся на спутниках «Марс»-2 и 3, фотографированию планеты отводилась вспомогательная роль, связанная главным образом с обеспечением привязки результатов измерений в других спектральных интервалах. Разработчики фототелевизионной установки (ФТУ) использовали неправильную модель Марса, из-за чего были выбраны неправильные выдержки ФТУ. Снимки получались пересветленными, практически полностью непригодными. После нескольких серий снимков (в каждой по 12 кадров) фототелевизионная установка не использовалась. Вместе с тем, снимки, выполненные на «Марс-3» с больших расстояний, позволили уточнить оптическое сжатие планеты (отличающееся от динамического), строить профили рельефа по изображению края диска на участках большой протяженности, получить цветные изображения диска Марса путём синтеза фотоизображений, сделанных с различными светофильтрами.

Американские космические аппараты «Викинг» изучали Марс в течение нескольких лет (с 1976 года) как с орбиты, так и непосредственно на поверхности. В частности, были проведены эксперименты по обнаружению микроорганизмов в грунте, не давшие положительного результата. Впервые был сделан химический анализ грунта и переданы фотографии поверхности. Автоматические марсианские станции длительное время вели наблюдения марсианской погоды, а по данным орбитальных аппаратов была составлена подробная карта Марса.

## Современная топографическая карта Марса

Искусственный спутник Марс Одиссей обнаружил, что под поверхностью Красной планеты есть залежи водяного льда. Позже это было подтверждено и другими аппаратами С помощью камеры THEMIS (Thermal Emission Imaging System — камера, создающая изображение на основании анализа теплового излучения) была получена точная карта Марса (пространственное разрешение карты составляет 100 метров для всей поверхности Красной планеты). Для её составления учёные использовали 21 тысячу фотографий, сделанных искусственным спутником за восемь лет.

Окончательно вопрос о наличии воды на Марсе был решен в 2008 году, когда автоматическая марсианская станция «Феникс», севшая в полярном регионе планеты, получила воду из марсианского грунта.

Искусственный спутник Марс-экспресс представил доказательства в пользу гипотезы, предполагающей, что спутник Марса Фобос сформировался не из астероидов главного пояса, а из материала Красной планеты. Учёные изучали состав Фобоса при помощи фурье-спектрометра, размещенного на его борту. Помимо изучения состава Фобоса исследователи провели наиболее точное на сегодняшний день определение массы марсианского спутника и его плотности.

### **На 12 слайде**

Структурированы результаты исследований Марса. Так как многие исследователи предполагают, что на Марсе когда-то была жизнь, он является самым изучаемым объектом в Солнечной Системе. Было отправлено более 38 исследовательских экспедиций на систему Марс, но по разным техническим причинам только 19 достигли своей цели.

### **Основные результаты:**

- Обнаружение воды
  - создание карты планеты
  - рельеф планеты
  - минеральные образования

-спутники планеты

-изучение основных характеристик планеты

### **На 13-17 слайдах**

Рассмотрены цели и проблемы колонизации Марса и возможные пути их решения.

### **Цели:**

- Создание постоянной базы для научных исследований самого Марса и его спутников, в перспективе — для изучения, а также, возможно, и колонизации пояса астероидов
- Промышленная добыча ценных полезных ископаемых.
- Решение демографических проблем Земли
- Создание «Колыбели Человечества» на случай глобального катаклизма на Земле.

**Проблемы колонизации:** Радиационный фон на поверхности Марса(примерно 22 миллирада в день, но значение может значительно изменяться в зависимости от местности, высоты и локальных магнитных полей) в 2,5 раза превышает радиационный фон на Международной космической станции и примерно в 13 раз — его средний уровень в современных развитых странах, что приближается к установленным пределам безопасности для космонавтов

- Сила тяжести на Марсе составляет порядка  $3,71 \text{ м/с}^2$ , то есть  $0,38 \text{ g}$ .
- Солнечная энергия
- Температура поверхности Марса гораздо ниже земной — в среднем  $-63 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Атмосферное давление составляет менее 1% земного
- Вода в чистом виде не может существовать на поверхности (концентрированный солевой раствор)
- Марс не обладает магнитным полем.

### **Основные задачи**

- Создание атмосферы. Повышение давления атмосферы до уровня, при котором вода могла бы существовать в жидком виде<sup>1</sup>.
- Повышение температуры в экваториальной части планеты до  $+10^\circ$  —  $+20^\circ\text{C}$ .
- Создание аналога озонового слоя для защиты от ультрафиолетового излучения.
- Создание биосферы.
- Создание полноценного магнитного поля планеты.

По мере осуществления терраформирования условия на поверхности Марса станут уже более приемлемыми для нахождения там без скафандров и даже без дыхательных масок.

С нашей точки зрения, основная проблема — это защита людей от радиации. Она может быть решена за счёт создания искусственного магнитного поля или

создания атмосферы. В своей работе мы рассмотрели второй вариант и решили задач.

В данной работе мы проанализировали и сделали выводы, что проблемы колонизации достаточно сложны и чем раньше начать их решать, тем меньше ошибок сделает человечество при колонизации Марса. Практическое использование работы в проектной деятельности учащихся школы, по теме: «Проблемы и их возможности решения при колонизации Марса»

В настоящее время проектная деятельность учащихся является одной из самых эффективных форм развития интереса к наукам и развития творческих способностей и познавательных компетенций учащихся.

### **На 18 и19 слайдах**

Сформулирована и решена задача об оценки реальности проекта – создания искусственной атмосферы Марса.

Расчёты показали:

- 1) масса грунта, содержащего  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , необходимого для создания атмосферы составит  $\sim 12,3 \cdot 10^{18}$  кг;
- 2) глубина вырытого грунта  $\sim 24$  м;
- 3) количество энергии для плавления данной массы грунта составит  $\sim 165 \cdot 10^{11}$  ТДж

По последним данным, мощность всех действующих электростанций на Земле составляет 2,069 ТДж. Учитывая этот факт, можно сделать вывод, что для создания атмосферы на Марсе потребуется как минимум 2, 5 миллиона лет. Поэтому, пока не будет создана технология управляемого термоядерного синтеза, эту проблему скоро не решить.

**20 слайд** В данной работе мы проанализировали и сделали выводы, что проблемы колонизации достаточно сложны и чем раньше начать их решать, тем меньше ошибок сделает человечество при колонизации Марса. Мой проект может служить основой для организации проектной деятельности учащихся школы по теме: «Проблемы и их возможности решения при колонизации Марса»

В настоящее время проектная деятельность учащихся является одной из самых эффективных форм развития интереса к наукам и развития творческих способностей учащихся

### **21 слайд**

- 1. <http://www.astrotime.ru/fobos-i-dejmos.html>
- 2. <https://astrogalaxy.ru/634.html>
- 3. <http://mks-onlain.ru/planet/mars/>
- 4. <http://galspace.spb.ru/index34.html>
- 5. [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B0)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



# «Исследования Марса и проблемы его колонизации»



Выполнила: студентка  
группы ФМ-115  
Охапкина Марина  
Дмитриевна  
Научный руководитель:  
доц. Гончаров.А.В.

*«Утверждают космонавты  
и мечтатели,  
что на Марсе будут яблони цвести»  
(Е. Долматовский – В. Мурадели)*



# Актуальность темы:

Актуальность данной темы вызвана тем, что в последние годы на основе разработок современных технологий и теории эволюции вселенной рассматривается вопрос о будущем нашей цивилизации.



# Цель исследования:

Изучить историю исследования Марса и выяснить вероятность колонизации Марса в ближайшее время.





# Задачи:



- Проанализировать историю изучения Марса с конца 19 века по настоящее время.
- Структурировать информацию полученную с помощью космических станций, отправленных к Марсу.
- Оценить вероятность и основную проблему колонизации Марса человечеством до середины 21 века.



# Основные сведения:

Марс четвертая планета от Солнца и последняя из планет земной группы. Марс назван в честь мифологической фигуры — римского бога войны. В дополнение к его официальному названию Марс иногда называют Красной планетой.[3]

Дата открытия

2-е тысячелетие до н. э. и 1534 до н. э.

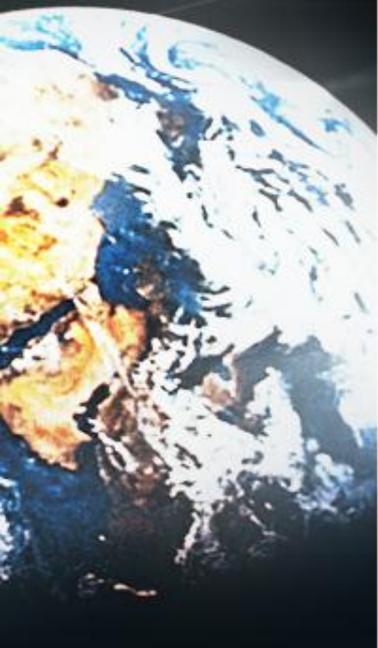
**Экваториальная скорость вращения:** 868,22 км/ч

**Масса (m):**  $6,4171 \cdot 10^{23}$  кг; 0,107 земной

**Орбитальная скорость (v):** 24,13 км/с (средн.); 24,077 км/с

**Площадь поверхности (S):**  $1,4437 \cdot 10^8$  км<sup>2</sup>; 0,283 земной

**Экваториальный радиус:**  $3396,2 \pm 0,1$  км; 0,532 земного





# История открытий на Марсе

- По-настоящему изучение Марса начинается с 11 августа 1877 года. Именно в этот день, а точнее вечер, Асаф Холл, сотрудник Морской обсерватории США, обнаружил первый спутник Марса. А еще спустя несколько вечеров, 17 августа, он же открыл и второй спутник. [4]
- Более интенсивное изучение Марса началось в 20 веке. До 60-х -50-х годов осуществлялось изучение Марса с Земли.
- С 1960-х годов к Марсу для подробного изучения планеты с орбиты и фотографирования поверхности были направлены несколько автоматических межпланетных станций. Первым космическим аппаратом, исследовавшим Марс с пролётной траектории, стал американский Маринер-4.[5]



# Гипотеза об искусственных спутниках

У Марса два спутника, называются они Фобос и Деймос. Оба были обнаружены в 1877 году (18 и 12 августа) американским астрономом Асафом Холлом.

Гипотеза об искусственных спутниках была впервые в 1951 году высказана американским астрономом Геодом и подробно развита в 1958 году профессором И. С. Шкловским.

<http://www.astrotime.ru/fobos-i-dejmos.html>



# В 1969г. организован Международный планетный патруль

Цель патруля наблюдение широкомасштабных атмосферных явлений и деталей поверхности планет а также получение непрерывных серий снимков. [5]



Обсерватории патруля оснащены однотипными телескопами и фотокамерами с электронным оборудованием, обеспечивающим заданную длительность экспозиций, регистрацию даты и времени снимка и других его характеристик. [5]

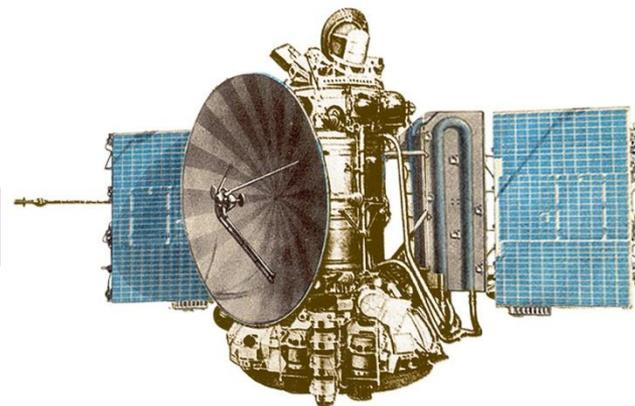


# Изучение Марса с КОСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

С 1960-х годов к Марсу для подробного изучения планеты с орбиты и фотографирования поверхности были направлены несколько автоматических межпланетных станций. [5]

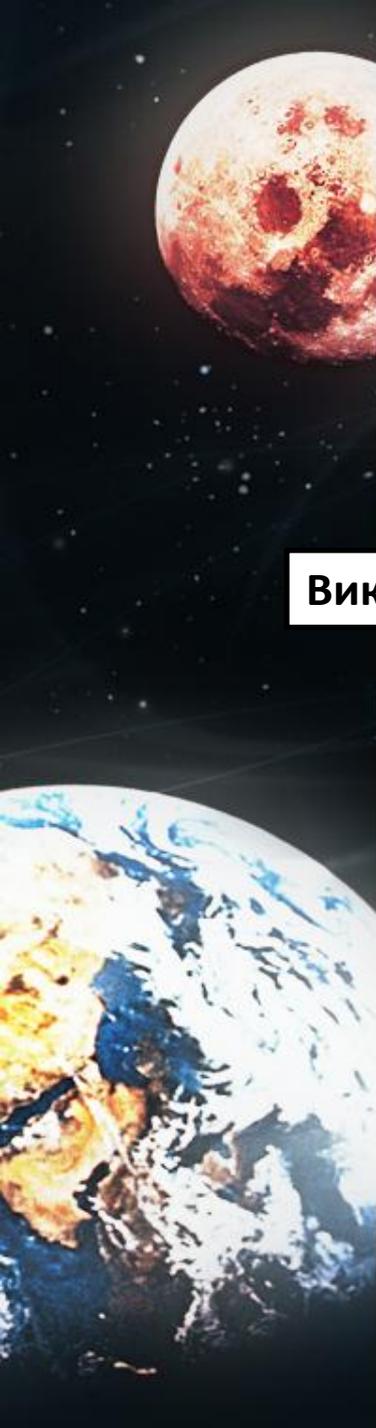
«Марс-1»

«Марс-2», «Марс-3»



«Марс-4», «Марс-5», «Марс-6», «Марс-7»



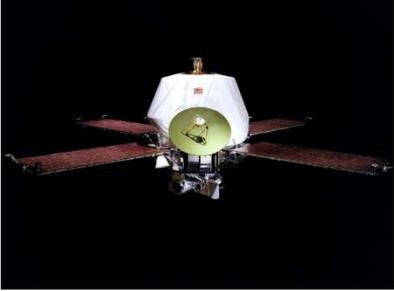
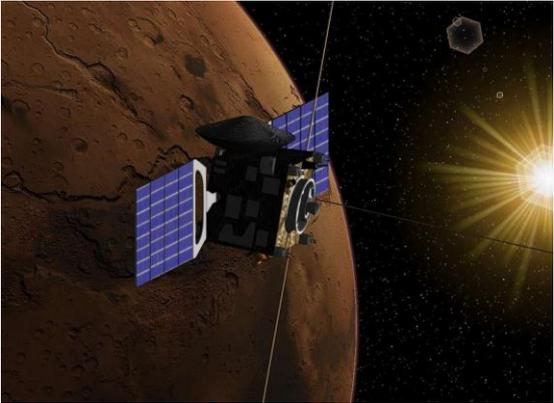


**Mariner -4**



**Mars Express**

**Викинг-1**



**Mariner-9**



**Викинг-2**



# Результаты исследования Марса

Так как многие исследователи предполагают, что на Марсе когда-то была жизнь, он является самым изучаемым объектом в Солнечной Системе. В общем было отправлено более 38 исследовательских экспедиций на систему Марс, но по разным техническим причинам только 19 достигли своей цели. [3]

- Основные результаты:**
- Обнаружение воды
  - создание карты планеты
  - рельеф планеты
  - минеральные образования
  - спутники планеты
  - изучение основных характеристик планеты



# Марс, как наиболее вероятная планета солнечной системы для колонизации человека.

## Цели:

- Создание постоянной базы для научных исследований самого Марса и его спутников, в перспективе — для изучения, а также, возможно, и колонизации пояса астероидов
- Промышленная добыча ценных полезных ископаемых.
- Решение демографических проблем Земли
- Создание «Колыбели Человечества» на случай глобального катаклизма на Земле.



# Проблемы колонизации

- Радиационный фон на поверхности Марса(примерно 22 миллирада в день, но значение может значительно изменяться в зависимости от местности, высоты и локальных магнитных полей) в 2,5 раза превышает радиационный фон на Международной космической станции и примерно в 13 раз — его средний уровень в современных развитых странах, что приближается к установленным пределам безопасности для космонавтов
- Сила тяжести на Марсе составляет порядка  $3,71 \text{ м/с}^2$ , то есть 0,38 g.
- Солнечная энергия
- Температура поверхности Марса гораздо ниже земной — в среднем  $-63 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Атмосферное давление составляет менее 1% земного
- Вода в чистом виде не может существовать на поверхности (концентрированный солевой раствор)
- Марс не обладает магнитным полем.



# Терраформирование Марса

## Основные задачи

- Создание атмосферы. Повышение давления атмосферы до уровня, при котором вода могла бы существовать в жидком виде<sup>1</sup>.
- Повышение температуры в экваториальной части планеты до  $+10^{\circ}$  —  $+20^{\circ}\text{C}$ .
- Создание аналога озонового слоя для защиты от ультрафиолетового излучения.
- Создание биосферы.
- Создание полноценного магнитного поля планеты.

По мере осуществления терраформирования условия на поверхности Марса станут уже более приемлемыми для нахождения там без скафандров и даже без дыхательных масок.



С нашей точки зрения, основная проблема –это защита людей от радиации. Она может быть решена за счёт создания искусственного магнитного поля или создания атмосферы.

В своей работе мы рассмотрели второй вариант.



# Формулировка задачи

Некоторые учёные предложили смелый проект для создания искусственной атмосферы на Марсе: кислород получить электрохимическим путём из грунта Марса, который содержит большое количество окись трёхвалентного железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Оценим реальность такого проекта. Для этого рассчитаем энергетические и временные затраты на создание атмосферы Марса, давление которой на его поверхности равно нормальному атмосферному давлению на нашей планете Земля –  $1,01 \cdot 10^5$  Па.

# Решение

Рассмотрим массу атмосферы Марса  $m_a$ , при которой давление на его поверхности будет равно земному  $1,01 \times 10^5$  Па, при этом учтём, что ускорение на поверхности Марса:  $g = G \frac{M_M}{R_M^2}$ , где  $M_M = 6,417 \times 10^{23}$  кг,  $R_M = 3,3895 \times 10^6$  м,  $G = 6,674 \times 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \times \text{с}^2}$ . Тогда давление на поверхности Марса  $p = \frac{m_a \times g}{S}$ , где  $S$  - площадь поверхности Марса  $S = 4\pi R_M^2$ .

$$\text{Т.е. } m_a = \frac{p \times S}{g} = \frac{p \times 4\pi R_M^3}{GM_M} \approx 3,800 \times 10^{18} \text{ (кг)}$$

Таким образом после переработки грунта  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  необходимо получить кислород массой  $3,8 \times 10^{18}$  кг. Найдём массу грунта  $m_{\text{гр}}$ , которую надо электрохимическим способ переработать, чтобы получить нужную массу кислорода.

Массовая доля кислорода в молекуле  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  составляет  $\omega = \frac{3A_{\text{O}}}{2A_{\text{Fe}} + 3A_{\text{O}}} \times 100\% \approx 31,0\%$ ,

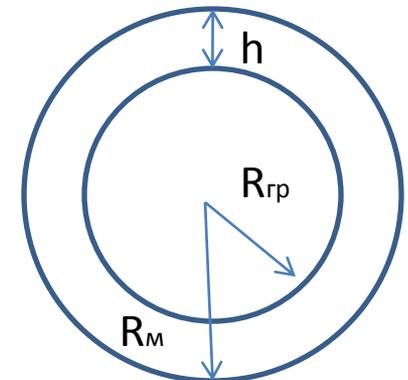
поэтому переработать грунт массой:  $m_{\text{гр}} = \frac{m_a}{\omega} \approx 12,258 \times 10^{18}$  (кг)

Учитывая, что плотность грунта в среднем равна  $\rho = 3,5 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,

можно рассчитать объём грунта соответствующий этой массе:

$$V_{\text{гр}} = \frac{m_{\text{гр}}}{\rho} \approx 3,502 \times 10^{15} \text{ м}^3$$

Если этот объём представить, как объём шарового слоя,





то глубина вырытого грунта составит  $h=R_M - R_{гр} = R_M \sqrt[3]{R_M^3 - V \frac{3}{4\pi} V_{гр}} \approx 24,3(\text{м})$

Для выделения  $O_2$  из  $Fe_2O_3$ , необходимо осуществить химическую реакцию:

$6Fe_2O_3 \rightarrow 4Fe_3O_4 + O_2$  при температурах выше  $1390^\circ\text{C}$  и провести электролиз расплава.

Оценим затраты энергии для плавления грунта рассчитанной массы:

$Q = c m_{гр}(t_{плавл} - t_{поверхн.Марса}) + m_{гр} \lambda = m_{гр} [c(t_{плавл} - t_{поверхн.Марса}) + \lambda] \approx 165 \times 10^{23} \text{ Дж} = 165 \times 10^{11} \text{ ТДж},$

где  $\lambda = 597 \frac{\text{КДж}}{\text{кг}}$ ,  $c = 452 \text{ Дж/кг}\times\text{К}$ ,  $t_{плавл} = 1597^\circ\text{C}$ ,  $t_{поверхн.Марса} = -62^\circ\text{C}$

В настоящее время, общая мощность всех действующих электростанций мира по последним данным, опубликованным в открытом доступе 2,069 ТВт. Учитывая эту мощность для получения данной массы расплава, потребуется 2,5 миллиона лет. Поэтому, пока не будет создана технология управляемого термоядерного синтеза, эту проблему за короткий промежуток лет не решить.

С практической точки зрения содержание данной работы может служить основой для организации проектной деятельности учащихся школы по теме: «Проблемы колонизации Марса и возможности их решения», учитывая, что в настоящее время данный вид деятельности является самой эффективной формой развития интереса к наукам и способствует развитию творческих способностей личности учащихся.



# Заключение

В данной работе мы проанализировали и сделали выводы, что проблемы колонизации достаточно сложны и чем раньше начать их решать, тем меньше ошибок сделает человечество при колонизации Марса. Мой проект может служить основой для организации проектной деятельности учащихся школы по теме: «Проблемы и их возможности решения при колонизации Марса»

В настоящее время проектная деятельность учащихся является одной из самых эффективных форм развития интереса к наукам и развития творческих способностей учащихся.



# Список литературы

- 1. <http://www.astrotime.ru/fobos-i-dejmos.html>
- 2. <https://astrogalaxy.ru/634.html>
- 3. <http://mks-onlain.ru/planet/mars/>
- 4. <http://galspace.spb.ru/index34.html>
- 5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%9C%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B0>

**Баскакова Вера Сергеевна, Орлова Дарья Александровна**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕЛЕТА НА ПЛАНЕТУ МАРС**

*ФМ-116, Физико-математическое образование, ВлГУ*

*Научный руководитель: Мокрова Альбина Андреевна*

На сегодняшний день реализуется большое количество космических миссий к планетам Солнечной Системы. Еще больше миссий планируется в ближайшие два десятилетия. Среди них полеты к Марсу:

NASA планирует миссию Марс-2020;

Европейское космическое агентство и Роскосмос работают над проектом EXOMARS, включающим две миссии: запуск орбитального аппарата Trace Gas Orbiter (TGO) в 2016 году и полет на Марс марсохода в 2020 году;

«Человеческую» экспедицию на Марс в 2024 году планирует Илон Маск; и другие частные проекты.

В связи с все возрастающим интересом к полетам на Марс мы решили рассмотреть подход к расчету перелета на эту планету, который может быть доступен для понимания школьников и использован при организации дополнительных занятий по физике и астрономии.

Актуальность выбранной темы определяется тем, что необычайно возросший за последнее время интерес к астрономии на самых различных уровнях современного общества говорит о том, что ее достижения радуют и волнуют не только их творцов. Совершенствуется преподавание астрономии в школах, открываются факультативы, расширяются ее курсы в вузах

**Цель работы:** Рассмотреть подход к расчету перелета на Марс.

**Объект исследования:** Планета Марс.

**Предмет исследования:** Расчёт полуэллиптической траектории перелета на Марс.  
Задачи:

- Изучить теоретические основы космических перелетов на планеты Солнечной системы
- Выяснить характеристики для расчета полета на Марс
- Провести вывод формул для этапов полета на Марс
- Рассчитать полет

Простейшие траектории перелета на марс.

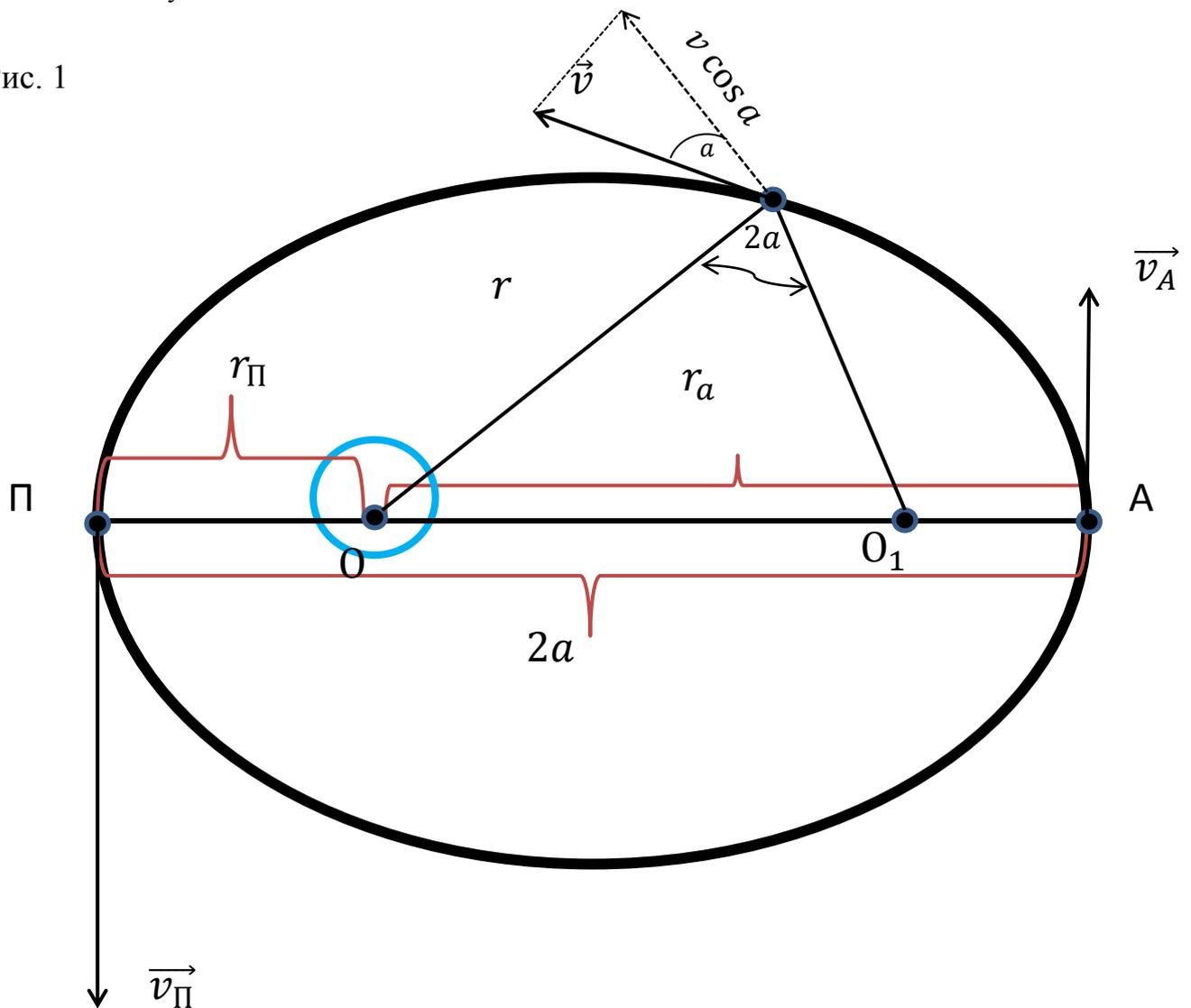
Путь, описываемый космическим аппаратом (точнее, его центром масс) в пространстве, называется *траекторией* или *орбитой*. Все многообразные формы траекторий можно разделить на три группы.

1) Прямолинейные траектории. Если начальная скорость равна нулю, то тело начинает падение в направлении к центру по прямой линии. Движение по прямой линии будет и в том случае, если начальная скорость направлена точно к центру притяжения или в прямо противоположном направлении, т. е. если скорость радиальна.

2) Эллиптические траектории. Если начальная скорость не превышает некоторой величины, то траектория представляет собой эллипс, причем центр притяжения находится в одном из его фокусов (рис. 1). Если эллиптическая орбита не пересекает поверхности притягивающего небесного тела, космический аппарат является его искусственным спутником.

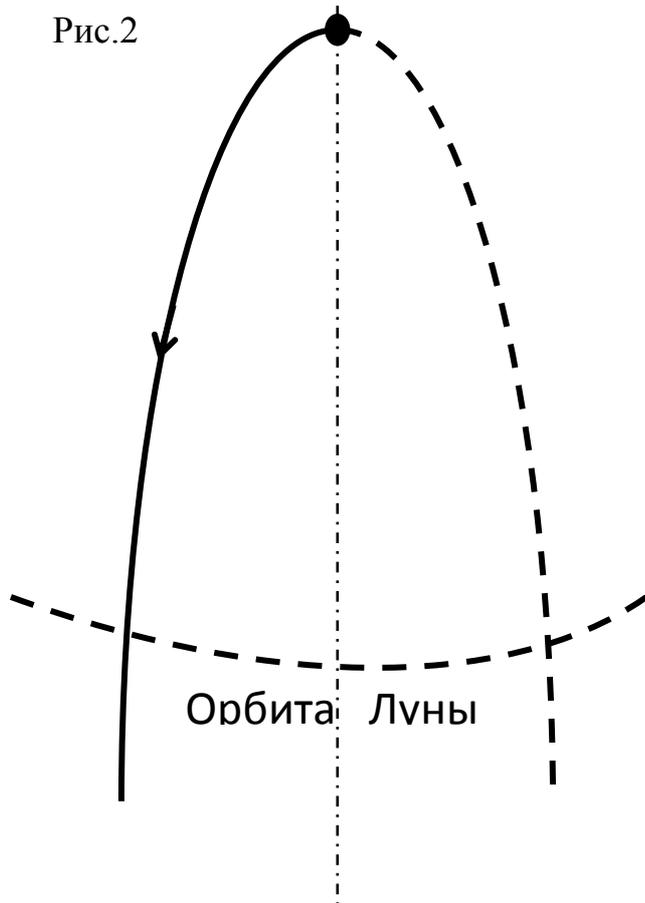
Расстояние между вершинами эллипса называется большой осью. Половина большой оси («большая полуось») принимается за среднее расстояние спутника от небесного тела и обозначается буквой  $a$ .

Рис. 1



3) Параболические траектории. Эллиптическая орбита, у которой «апогей находится в бесконечности», не является уже, конечно, эллипсом. Двигаясь по такой траектории, космический аппарат бесконечно далеко уходит от центра притяжения, описывая разомкнутую линию — параболу (Рис.2). По мере удаления аппарата его скорость приближается к нулю.

Рис.2



Расчёт полуэллиптической траектории перелета на Марс.

Для расчета траектории перелета на Марс нам понадобятся некоторые данные, а именно:

$$G = 6,6742 * 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2} \text{ (Гравитационная постоянная)}$$

$$M_{\odot} = 1,9891 * 10^{30} \text{ кг (Масса Солнца)}$$

$$M_{\oplus} = 5,973 * 10^{24} \text{ кг (Масса Земли)}$$

$$R_{\oplus} = 6371,004 * 10^3 \text{ м (Радиус Земли)}$$

$$a_{\oplus} = 149,60 * 10^9 \text{ м (Большая полуось Земли)}$$

$$V_{\oplus} = 29,76 \frac{\text{км}}{\text{с}} \text{ (Скорость Земли по орбите вокруг солнца)}$$

$$a_{\text{♂}} = 227,94 * 10^9 \text{м (Большая полуось Марса)}$$

$$R_{\text{♂}} = 3382,9 * 10^3 \text{км (Радиус Марса)}$$

$$M_{\text{♂}} = 6,42 * 10^{23} \text{кг (Масса Марса)}$$

В сфере действия земли (геоцентрическая).

Геоцентрическая скорость выхода космического аппарата:

$$V_{\text{вых}} = |V_1 - V_{\oplus}|$$

$$V_{\text{вых}} = 2,96 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{н}} = \sqrt{V_{\text{II}}^2 - V_{\text{вых}}^2}, \text{ где } V_{\text{II}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$V_{\text{II}} = 11,18 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{н}} = 11,56 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

В сфере действия солнца (гелиоцентрическая)

1. Рассчитаем большую полуось по формуле  $a = \frac{a_{\oplus} + a_{\text{p}}}{2}$  и эксцентриситет по формуле:  $e =$

$$\left| \frac{a_{\oplus} - a_{\text{p}}}{2a} \right|$$

$$a = 188,77 * 10^9 \text{м}$$

$$e = 0,21$$

2. Время перелета на Марс

$$\tau = \frac{T_{\text{ка}}}{2} = \pi \sqrt{\frac{(a)^3}{GM}}$$

$$\tau = 258,7 \text{ суток} = 8,6 \text{ месяцев} = 0,72 \text{ года}$$

Начальную и конечную гелиоцентрические скорости космического аппарата.

$$V_1 = V_{\pi} \frac{a_p}{a_{\oplus} * a}$$

$$V_1 = 32,72 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$V_2 = V_2 = V_{\pi} \frac{a_p}{a_{\oplus}}$$

$$V_2 = 21,48 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

В сфере действия марса (планетоцентрическая).

Планетоцентрическая скорость выхода с сферу действия Марса

$$V_{\text{вх}} = V_{\text{М}} - V_2$$

$$V_{\text{М}} = \sqrt{\frac{GM}{a_p}} \quad V_{\text{М}} = 24,13 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{вх}} = 2,65 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{пад}} = \sqrt{v_{\text{Ип}} + v_{\text{вх}}}$$

$$V_{\text{Ип}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad V_{\text{Ип}} = 5,03 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{пад}} = 5,69 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

## ВЫВОДЫ:

- ✓ В данной работе были произведены расчеты полуэллиптической траектории перелетов на Марс.
- ✓ На сегодняшний день полеты к Марсу, а так же запуск орбитальных станций и телескопов стали важным и развивающимся направлением космических исследований.
- ✓ Расчет полуэллиптической траектории перелетов на Марс могут использовать учителя на факультативах для всеобщего развития школьников и интереса к астрономии.

## Список литературы:

1. Бакулин П. И., Кононович Э.В., Мороз В.И. Курс общей астрономии. – М.: Наука, 1983
2. Левантовский В. И. Механика космического полета в элементарном изложении. М.: Наука, 1980
3. Разбитная Е.П., Захаров В.С. Курс теоретической физики. Основы классической механики. Владимир, ВГПУ, 1998.
4. <https://12millionov.com/ekspediciya-na-mars-2020-v-odin-konec.html>
5. Астрономический календарь. Постоянная часть. Под редакцией В.К. Абалакина 1981 г.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕЛЕТА НА ПЛАНЕТУ МАРС

Подготовили:

Студентки третьего курса ПИ ВлГУ гр. ФМ-116

Баскакова Вера

Орлова Дарья

Научный руководитель: Мокрова Альбина  
Андреевна

На сегодняшний день реализуется большое количество космических миссий к планетам Солнечной Системы. Еще больше миссий планируется в ближайшие два десятилетия.

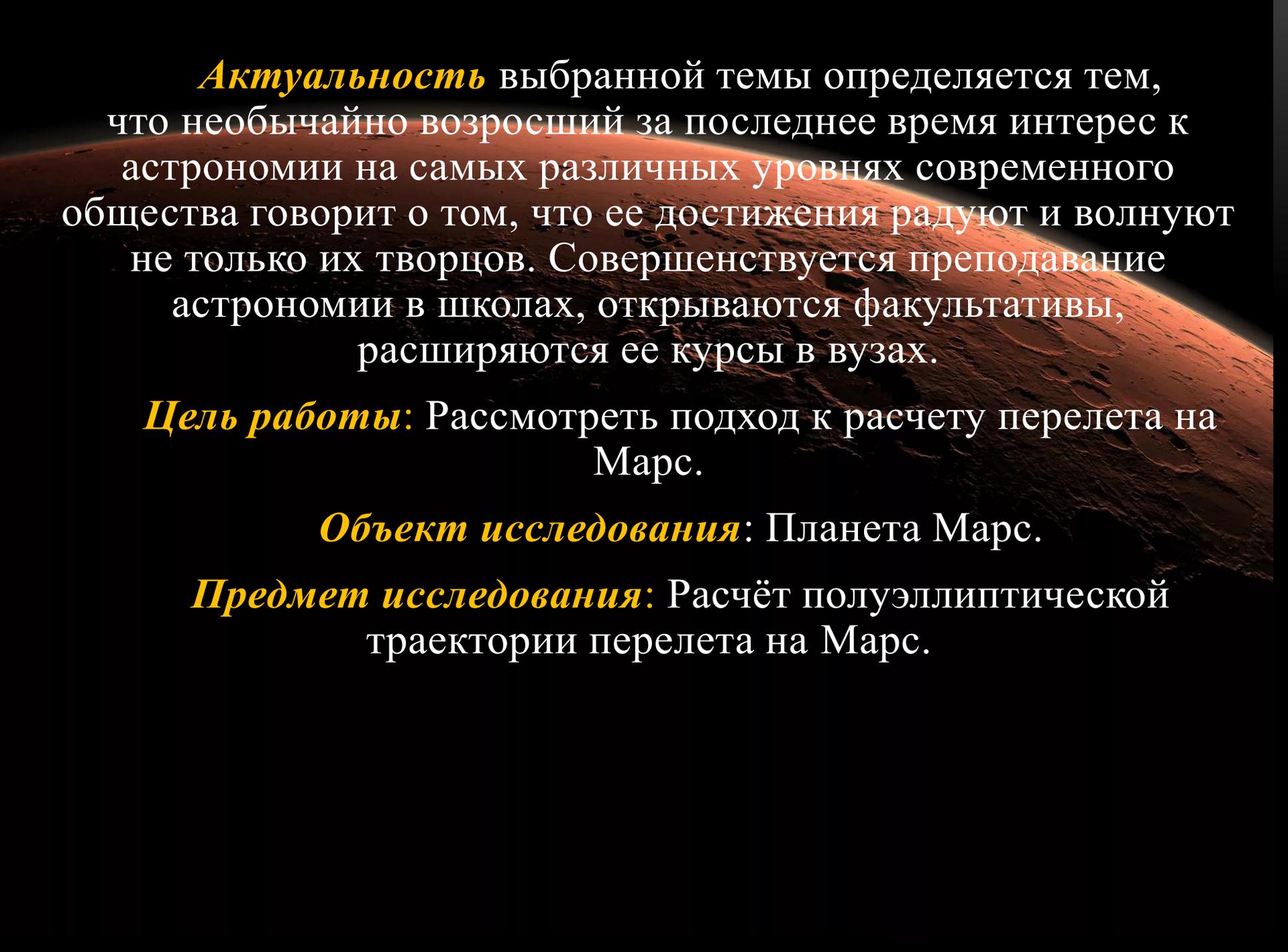
Среди них полеты к Марсу:

NASA планирует миссию Марс-2020;

Европейское космическое агентство и Роскосмос работают над проектом EXOMARS, включающим две миссии: запуск орбитального аппарата Trace Gas Orbiter (TGO) в 2016 году и полет на Марс марсохода в 2020 году;

«Человеческую» экспедицию на Марс в 2024 году планирует Илон Маск; и другие частные проекты.

В связи с все возрастающим интересом к полетам на Марс мы решили рассмотреть подход к расчету перелета на эту планету, который может быть доступен для понимания школьников и использован при организации дополнительных занятий по физике и астрономии.



**Актуальность** выбранной темы определяется тем, что необычайно возросший за последнее время интерес к астрономии на самых различных уровнях современного общества говорит о том, что ее достижения радуют и волнуют не только их творцов. Совершенствуется преподавание астрономии в школах, открываются факультативы, расширяются ее курсы в вузах.

**Цель работы:** Рассмотреть подход к расчету перелета на Марс.

**Объект исследования:** Планета Марс.

**Предмет исследования:** Расчёт полуэллиптической траектории перелета на Марс.

# Задачи:

- ИЗУЧИТЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОСМИЧЕСКИХ ПЕРЕЛЕТОВ НА ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
- ВЫЯСНИТЬ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОЛЕТА НА МАРС
- ПРОВЕСТИ ВЫВОД ФОРМУЛ ДЛЯ ЭТАПОВ ПОЛЕТА НА МАРС
- РАССЧИТАТЬ ПОЛЕТ

# *ПРОСТЕЙШИЕ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕЛЕТА НА ПЛАНЕТЫ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ*

## **Прямолинейные траектории.**

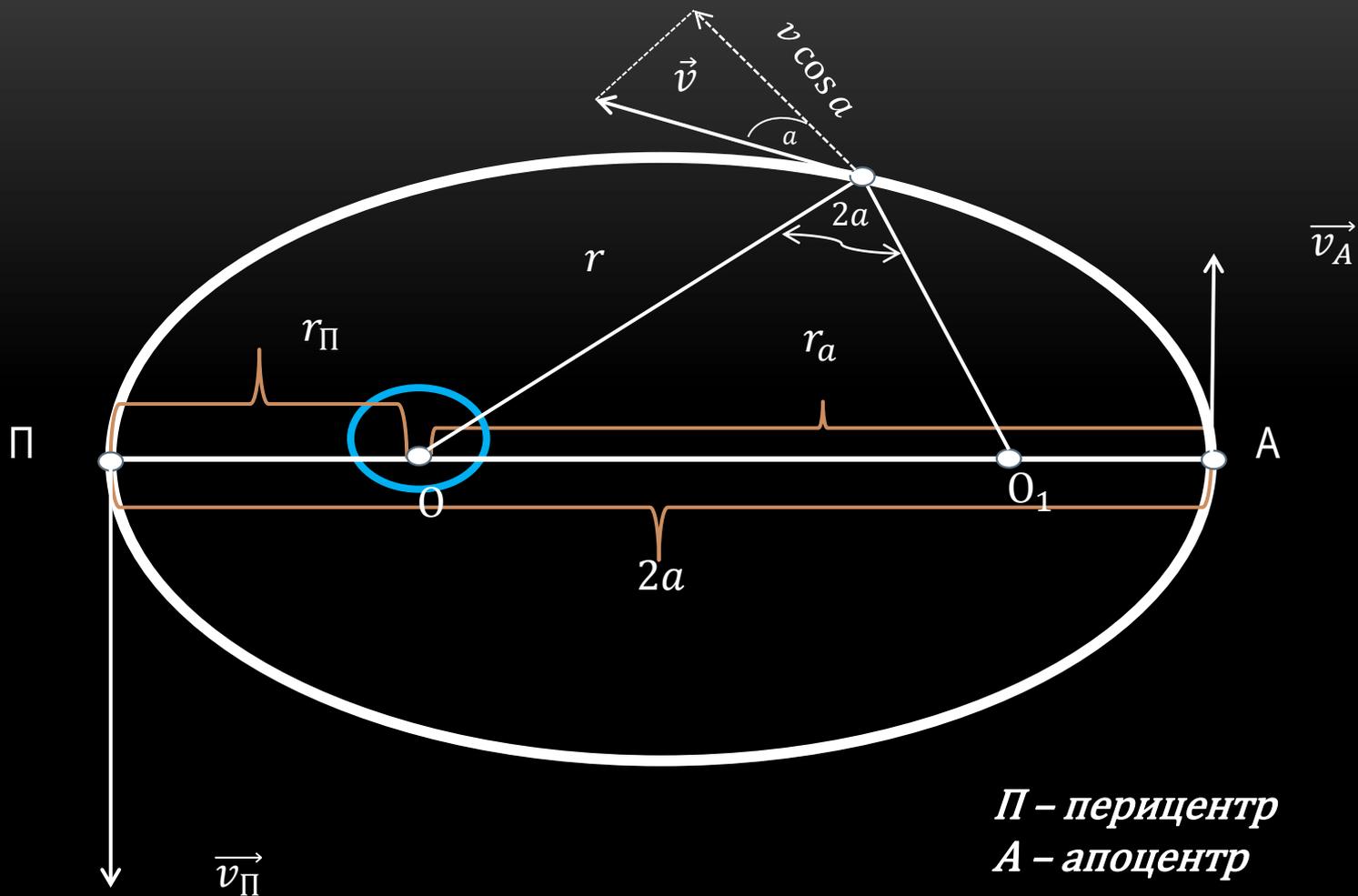
Если начальная скорость равна нулю, то тело начинает падение в направлении к центру по прямой линии.

Движение по прямой линии будет и в том случае, если начальная скорость направлена точно к центру притяжения или в прямо противоположном направлении, т. е. если скорость радиальна.

## Эллиптические траектории.

*Если начальная скорость не превышает некоторой величины, то траектория представляет собой эллипс, причем центр притяжения находится в одном из его фокусов.*

*Если эллиптическая орбита не пересекает поверхности притягивающего небесного тела, космический аппарат является его искусственным спутником.*



*Π* – перигея

*A* – апогея

$v_{\Pi}$  – скорость в перигее

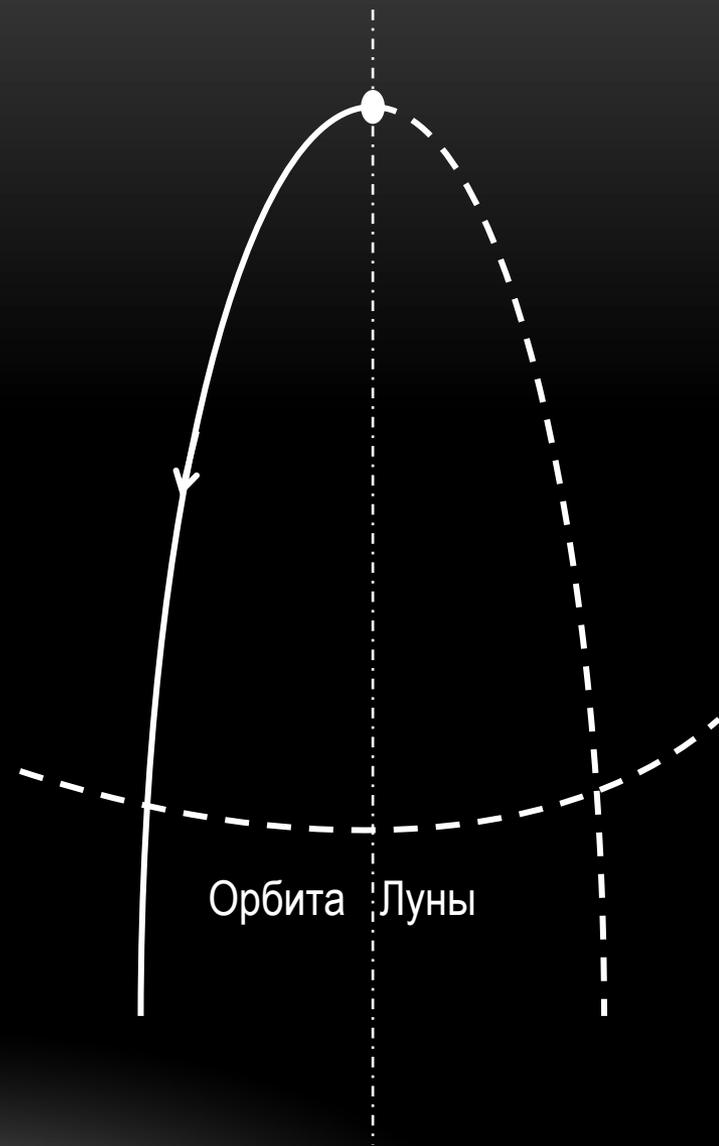
$v_A$  – скорость в апогее

$r_{\Pi}$  – расстояние в перигее

$r_A$  – расстояние в апогее

# Параболические траектории.

Эллиптическая орбита, у которой «апогей находится в бесконечности», не является уже, конечно, эллипсом. Двигаясь по такой траектории, космический аппарат бесконечно далеко уходит от центра притяжения, описывая разомкнутую линию — параболу. По мере удаления аппарата его скорость приближается к нулю.



# РАСЧЁТ ПОЛУЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕЛЕТА НА МАРС

Этапы полета:

I. В сфере действия Земли (геоцентрическая)

II. В сфере действия Солнца  
(гелиоцентрическая)

III. В сфере действия Марса  
(планетоцентрическая)



Для расчета траектории перелета на Марс в сфере действия Земли нам понадобятся данные [5]:

$$\mathbf{v}_{\oplus} = 29,76 \frac{\text{км}}{\text{с}} (\text{Скорость Земли по орбите вокруг Солнца})$$

$$\mathbf{v}_1 = 32,72 \frac{\text{км}}{\text{с}} (\text{начальная гелиоцентрическая скорость космического аппарата (КА)})$$

# В СФЕРЕ ДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛИ (ГЕОЦЕНТРИЧЕСКАЯ)

Геоцентрическая скорость выхода  
космического аппарата.

$$\mathbf{v}_{\text{ВЫХ}} = |\mathbf{v}_1 - \mathbf{v}_{\oplus}|$$

$$\mathbf{v}_{\text{ВЫХ}} = 2,96 \frac{\text{КМ}}{\text{С}}$$



$$\mathbf{v}_{\text{Н}} = \sqrt{\mathbf{v}_{II}^2 - \mathbf{v}_{\text{ВЫХ}}^2}, \text{ где } \mathbf{v}_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$v_{II}$  - вторая космическая скорость

$$\mathbf{v}_{II} = 11,18 \frac{\text{КМ}}{\text{С}}$$

$$\mathbf{v}_{\text{Н}} = 11,56 \frac{\text{КМ}}{\text{С}} - \text{начальная скорость}$$

Для расчета траектории перелета на Марс  
в сфере действия Солнца  
нам понадобятся данные [5]:

$$G = 6,6742 * 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2} \text{ (Гравитационная постоянная)}$$

$$M_{\odot} = 1,9891 * 10^{30} \text{ кг (Масса Солнца)}$$

$$a_{\oplus} = 149,60 * 10^9 \text{ м (Большая полуось Земли)}$$

$$a_{\mars} = 227,94 * 10^9 \text{ м (Большая полуось Марса)}$$

# В СФЕРЕ ДЕЙСТВИЯ СОЛНЦА (ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКАЯ)

1. Рассчитаем большую полуось по формуле  $a = \frac{a_{\oplus} + a_p}{2}$  и эксцентриситет по формуле:  $e = \left| \frac{a_{\oplus} - a_p}{2a} \right|$

$$a = 188,77 * 10^9 \text{ м}$$

$$e = 0,21$$

2. Время перелета на Марс

$$\tau = \frac{T_{\text{ка}}}{2} = \pi \sqrt{\frac{(a)^3}{GM}}$$

$$\tau = 258,7 \text{ суток} = 8,6 \text{ месяцев} = 0,72 \text{ года}$$



### 3 . Начальную и конечную гелиоцентрические скорости КА

$\mathbf{v}_1$  - начальная гелиоцентрическая скорость КА

$\mathbf{v}_2$  - конечная гелиоцентрическая скорость КА

$$\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_\pi \frac{a_p}{a_\oplus * a}$$

$$\mathbf{v}_1 = 32,72 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$\mathbf{v}_2 = \mathbf{v}_2 = \mathbf{v}_\pi \frac{a_p}{a_\oplus}$$

$$\mathbf{v}_2 = 21.48 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Для расчета траектории перелета на Марс в сфере действия Марса нам понадобятся данные [5]:

$$G = 6,6742 * 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2} \text{ (Гравитационная постоянная)}$$

$$M_{\odot} = 1,9891 * 10^{30} \text{ кг (Масса Солнца)}$$

$$M_{\oplus} = 5,973 * 10^{24} \text{ кг (Масса Земли)}$$

$$a_{\text{♂}} = 227,94 * 10^9 \text{ м (Большая полуось Марса)}$$

$$R_{\text{♂}} = 3382,9 * 10^3 \text{ кг (Радиус Марса)}$$

$$M_{\text{♂}} = 6,42 * 10^{23} \text{ кг (Масса Марса)}$$

# В СФЕРЕ ДЕЙСТВИЯ МАРСА (ПЛАНЕТОЦЕНТРИЧЕСКАЯ)

Планетоцентрическая скорость выхода с сферу действия Марса

$$\mathbf{v}_{\text{ВХ}} = \mathbf{v}_M - \mathbf{v}_2 \quad \mathbf{v}_2 - \text{конечная гелиоцентрическая скорость КА}$$

$$\mathbf{v}_M = \sqrt{\frac{GM}{a_p}} \quad \mathbf{v}_M = 24,13 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$\mathbf{v}_{\text{ВХ}} = 2,65 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$



Рассчитаем скорость падения космического аппарата :

$$\mathbf{v}_{\text{пад}} = \sqrt{v_{\text{IIp}} + v_{\text{ВХ}}}$$

$$\mathbf{v}_{\text{IIp}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad \mathbf{v}_{\text{IIp}} = 5,03 \frac{\text{км}}{\text{с}} - \text{вторая космическая скорость}$$

$$\mathbf{v}_{\text{пад}} = 5,69 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

# ВЫВОДЫ

- ✓ В данной работе были произведены расчеты полуэллиптической траектории перелетов на Марс.
- ✓ На сегодняшний день полеты к Марсу, а так же запуск орбитальных станций и телескопов стали важным и развивающимся направлением космических исследований.
- ✓ Расчет полуэллиптической траектории перелетов на Марс могут использовать учителя на факультативах для всеобщего развития школьников и интереса к астрономии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ :

1. Бакулин П. И., Кононович Э.В., Мороз В.И. Курс общей астрономии. – М.: Наука, 1983
2. Левантовский В. И. Механика космического полета в элементарном изложении. М.: Наука, 1980
3. Разбитная Е.П., Захаров В.С. Курс теоретической физики. Основы классической механики. Владимир, ВГПУ, 1998.
4. <https://12millionov.com/ekspediciya-na-mars-2020-v-odin-konec.html>
5. Астрономический календарь. Постоянная часть. Под редакцией В.К. Абалакина 1981 г.

# Планетоход «МОНОЦИКЛ»

**Автор:** Нефедов Серафим Юрьевич, МБОУ «СОШ № 17»  
г. Новомосковск Тульской области, 11а класс

**Научные руководители:**

Нефёдов Юрий Алексеевич, учитель технологии, МБОУ «СОШ №17»,  
г. Новомосковск Тульской области

Николаева Наталья Викторовна, педагог дополнительного образования  
МБУ ДО «ДДЮТ», г. Новомосковск Тульской области

г. Новомосковск  
2019 г.  
**Оглавление**

1. Введение
2. Цель и задачи работы
3. Сведения из истории
4. Принцип движения моноцикла
5. Изготовление модели
6. Устройство модели
7. Испытание модели
8. Применение модели
9. Вывод
10. Литература
11. Приложения.

**Введение**

Не вызывает сомнения, что использование транспортных средств при исследовании планет и их естественных спутников, астероидов, в существенной мере позволит расширить возможности направляемых на их поверхность экспедиций и созданию обитаемых баз. Планетоходы, управляемые астронавтами, позволят существенно увеличить объем и повысить достоверность получаемой информации, увеличить эффективность производственных затрат на проведение экспериментов или экспедиций в сравнении с автоматическими аппаратами.

Ряд операций и видов работ невозможны без применения транспортных средств, например, различные виды работ с грунтом, транспортировка грузов и астронавтов, научная разведка местности.

Очень важной функцией планетоходов может быть проведение спасательных операций в случае аварии аппаратов с астронавтами на борту и необходимости их перемещения в пространстве.

Планетоход – вид транспорта, ряд характерных особенностей которого позволяет выделить его из общей массы транспортных средств: простота управления, ремонта и обслуживания; высокая проходимость при движении по неподготовленной поверхности планет в условиях гравитации, резко отличающейся от земной; малые габариты и стоимость.

Поскольку передвижение планетохода осуществляется по поверхностному слою малоизученного грунта, свойства и рельеф которого определяют проходимость планетохода-

важнейший параметр, определяющий целесообразность использования данной машины, как транспортного средства.

Наиболее часто используют планетоходы колесной и гусеничной схемы. Я предлагаю необычную модель одноколесного планетохода – моноцикл, обладавшего рядом преимуществ:

- относительно прост в управлении,
- несложен в изготовлении,
- обладает хорошей проходимостью,
- занимает мало места в посадочном модуле,
- недорог.

Истории уже известны некоторые планетоходы, созданные в странах: СССР, США и Китай. Они достойно трудились и трудятся на Луне и Марсе. Следует отметить, что луномобиль США в ценах 70-х годов прошлого века стоил 20 млн. долларов. Моноцикл же, будет стоить в разы меньше, а пользу принесёт значительную. К нему всегда можно присоединить тележку.

### **Цель и задачи работы**

**Цель работы** – создать радиоуправляемую модель моноцикла масштабом 1:12.

#### **Задачи работы:**

1. Изучить схему и принцип движения моноцикла, возможности его применения;
2. Изготовить пилотную радиоуправляемую модель моноцикла в масштабе 1:12;
3. Оснастить модель радиоуправлением;
4. Провести испытания модели на неподготовленной поверхности.

### **Сведения из истории.**

Концепция моноцикла была предложена неизвестным автором ещё в 1884 году как велосипед с одним колесом...

С тех пор эта идея будоражит умы многих изобретателей и просто мастеров... Колесо в колесе, кольцо в кольце, а движется!!!...

Следует отметить, что по сей день промышленность не радуется своими разработками... По всему миру лишь умельцы-одиночки могут порадовать нас своими творениями (см. фото 1 и фото 2 в Приложениях)...

Можно подумать, что моноцикл оказался не нужен... Нет, это чудо техники ещё послужит человечеству не только на Земле, но и... в космосе!!!

### Принцип движения моноцикла

В нормальном состоянии моноцикл находится в состоянии покоя. При этом векторы центров тяжести обоих колец ( $F_A$  и  $F_B$ ) совпадают, Рис.1 (в Приложениях).

В результате работы электродвигателя, состояние покоя нарушается (Рис.2 в Приложениях), кольцо В отклоняется относительно кольца А на некоторый угол  $\alpha$  относительно вертикальной оси равновесия. Возникает вращающий момент силы  $F_B$  относительно центра С:

$$M = F_B \cdot L_{CD}$$

$F_B$ - сила тяжести кольца В, [Н]

$L_{CD}$ - длина плеча (рычаг) силы  $F_B$ , [м]

$M$ - момент силы, [Н · м]

Кольцо А поворачивается, приобретая скорость поступательного движения  $V$  и проходит расстояние  $GE$ . При продолжении работы двигателя, кольцо В будет совершать вращательно-поступательное движение по грунту в указанном направлении.

Иными словами, в результате работы двигателя происходит смещение центра тяжести систем колец относительно друг друга в направлении движения аппарата. Моноцикл движется.

Поворот машины происходит за счёт изменения центра тяжести астронавта в плоскости, перпендикулярной направлению движения машины (простым наклоном его туловища в направлении поворота, иногда и с выставлением ноги).

Движение назад осуществляется обычным реверсированием двигателя.

Экстренное торможение (аварийные ситуации) и разворот на месте (после полной остановки) может производиться также ногами астронавта.

$F_A$  – сила тяжести кольца А, [н]

$GE$  – пройденный оболочкой путь, [м]

$F_B$  – сила тяжести кольца В, [н]

$\alpha$  – угол подъёма кольца В, [град.]

$CD$  – рычаг действия силы  $F_B$ , [м]

$V$  – скорость движения моноцикла, [м/с]

### Изготовление модели

Изготовление модели моноцикла я начал с поиска материала (капролактама и полипласт) подходящего размера для изготовления колец шасси машины.

Работы проводились на токарном станке по металлу.

Подшипником и связывающими элементами обоих колец служат шесть стальных шаров, положение которых между кольцами регулируется винтами.

Для механизма привода внутреннего кольца я изготовил тележку с ведущим резиновым колесом, получающим вращение от электродвигателя с помощью фрикционной передачи, предусмотрев систему плавной передачи нагрузки от двигателя на внешнее кольцо (пружина). Сверху механизм прикрыт тканевым чехлом.

Далее установил магнитное кресло астронавта и блок радиуправления (от сломанной машины), аккумуляторные батареи (от старого мобильного), антенну, выключатели, навигационные огни (для облегчения отслеживания движения модели), фары и зеркала.

Аккумуляторы заряжаются от стандартного зарядного устройства, в течении 1- 2 часов.

Для удобства обслуживания и ремонта модели, электрические соединения выполнены на микроразъёмах.

Фигура астронавта сделана из старой куклы в соответствии с пропорциями человека. Она- не просто декоративный элемент модели, а служит для управления моделью- осуществление поворотов. Для этого манекен пришлось оснастить шарнирами:

- локтевыми (пружинными),
- коленными (проволочными),
- поясным (пружинными).

Благодаря шарнирам и магнитным креплениям, фигура астронавта может наклонять туловище, а модель- поворачивать.

Скафандр астронавта «сшит» из искусственных тканей при помощи паяльника и металлического шаблона. Готовый скафандр выворачивается «налицо» и одевается на тело манекена. Шлем изготовлен из пластиковых шаров подходящего диаметра. Руки, ноги и тело манекена снабжены надёжными магнитными креплениями.

Само поворотное устройство астронавта изготовлено из переделанного мною рулевого механизма радиуправляемой модели (упрощён механизм редуктора- обеспечена возможность беспрепятственного вращения электродвигателя). Это устройство не имеет ограничителя наклона. Наклон завершается при резком увеличении нагрузки на двигатель, происходящей автоматически в конце наклона (стопорится наклонный штифт в канавке кислородного баллона астронавта).

Напомню, что поворот модели происходит в момент её движения за счёт смещения центра тяжести куклы (наклона фигуры) в направлении поворота и в плоскости, вертикально перпендикулярной оси направления движения.

### Устройство модели

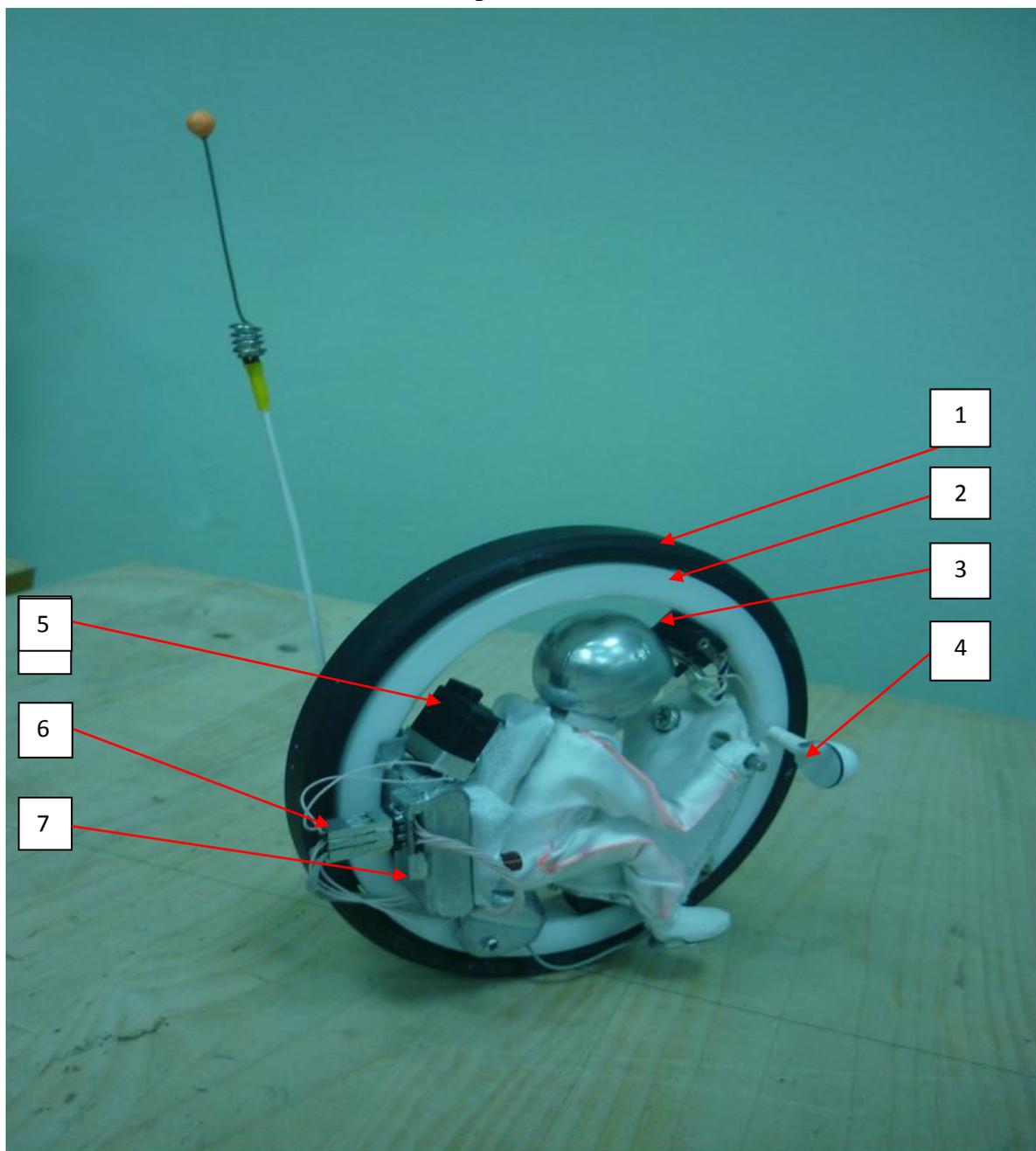


Фото 3. Устройство модели (вид справа)

- |                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. Внешнее кольцо             | 5. Механизм поворота |
| 2. Внутреннее кольцо          | 6. Электроразъёмы    |
| 3. Осветительное оборудование | 7. Аккумулятор       |
| 4. Зеркало и фары             |                      |

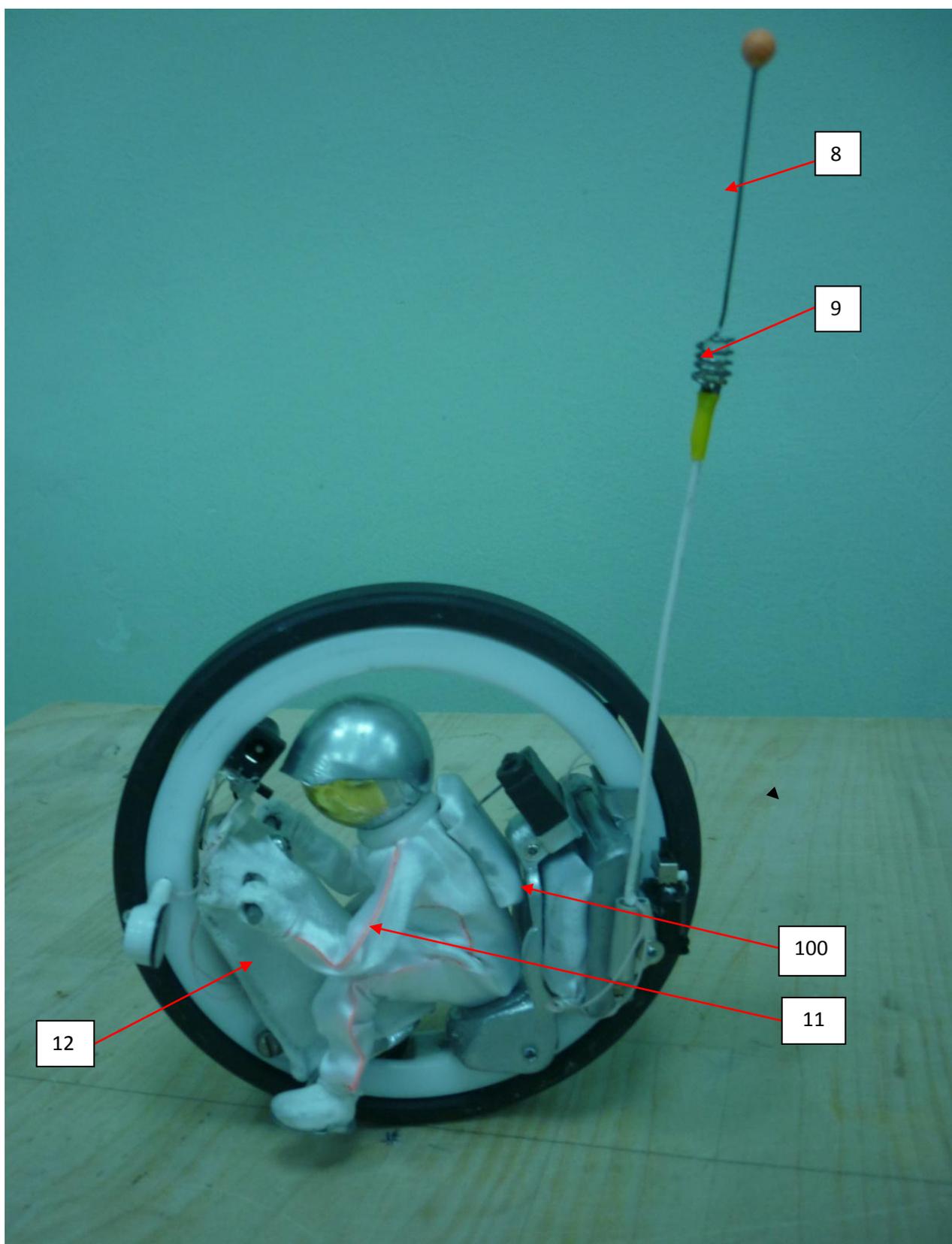


Фото 4. Устройство модели (вид слева):

8. Антенна

9. Навигационные огни

11. Астронавт

12. Электродвигатель

## 10. Кресло

### Испытания модели

Испытания показали, что моя модель моноцикла жизнеспособна: она хорошо движется вперёд и назад, способна выполнять повороты.

Малый масштаб модели не позволил мне добиться электромеханическим способом выставления ноги астронавта в сторону поворота и опираться при этом на неё, как это бывает наяву, при управлении человеком реальной машиной. Только это и приводит к падению модели.

Существующие в продаже импортные модели моноциклов в качестве поворотных опор имеют дополнительные колёса, что не позволяет в полной мере оценить сущность движения реальной машины. Я не стал этого делать.

### Применение моноцикла

Данную машину (моноцикл) я предлагаю использовать в качестве индивидуального транспортного средства астронавта при исследовании следующих планет (спутников) Солнечной системы, (таблица 1):

<i>№п/п</i>	<i>Космический объект</i>	<i>Характер поверхности</i>	<i>Температура Поверхности, °С</i>	<i>Давление, атм.</i>	<i>Сила тяжести, G</i>
1	Луна	Рыхлая	от -120 до +110	-	1/6 G
2	Марс	Твёрдая	от -90 до +30	0,007	1/3 G

Таблица 1. Физические условия космических объектов.

С учётом продолжительности экспедиции, (таблица 2):

<i>№п/п</i>	<i>Планета / Спутник</i>	<i>Время экспедиции, сут.</i>
1	Луна	12
2	Марс	520

Таблица 2. Продолжительность экспедиции.

Следует заметить, что во время быстрого движения моноцикла в условиях низкой силы тяжести, возможны ощутимые вертикальные броски шасси машины на ухабах и камнях. Поэтому скорость аппарата следует ограничить в пределах 20- 30 км/ч и применять систему плавного торможения.

Для повышения проходимости моноцикла, его внешнее кольцо необходимо оснастить:

- протектором,
- шипами,

- угловыми грунтозацепами,
- цепями и т. д.

### **Вывод**

Испытания показали, что данная модель моноцикла жизнеспособна: она хорошо движется, выполняя повороты.

Выявился и недостаток: фигура астронавта получилась жесткой, что затрудняет устойчивое равновесие модели при движении по неподготовленной поверхности и выполнение поворотов. Эта проблема может быть устранена.

Таким образом, достигнута главная цель – создана действующая радиоуправляемая модель моноцикла, позволяющая работать над созданием реальной машины.

### **Источники информации**

1. Под ред. Авотина Б.В., «Динамика планетохода», М., Наука, 1979 г. – 87 с., ил.
2. Борисов В. Г., «Юный радиолюбитель», - М., Радио и связь, 1986г. – 440 с., ил.
3. Под ред. Глушко В.П., «Космонавтика», М., Советская энциклопедия, 1985 г. – 140 с., ил.
4. Под ред. Кемурджиана А.Л.: «Планетоходы», М., Машиностроение, 1993 г. – 210 с., ил.
5. Под ред. Кемурджиана А. Л.: «Передвижение по грунтам Луны и планет», М., Машиностроение, 1986 г. – 140 с., ил.
6. Под ред. Мороза В. И.: «Солнечная система», М., «Мир», 1978 г. – 92 с., ил.

## Приложения



Фото 1. Моноцикл в СССР.



Фото 2. Моноцикл в США.

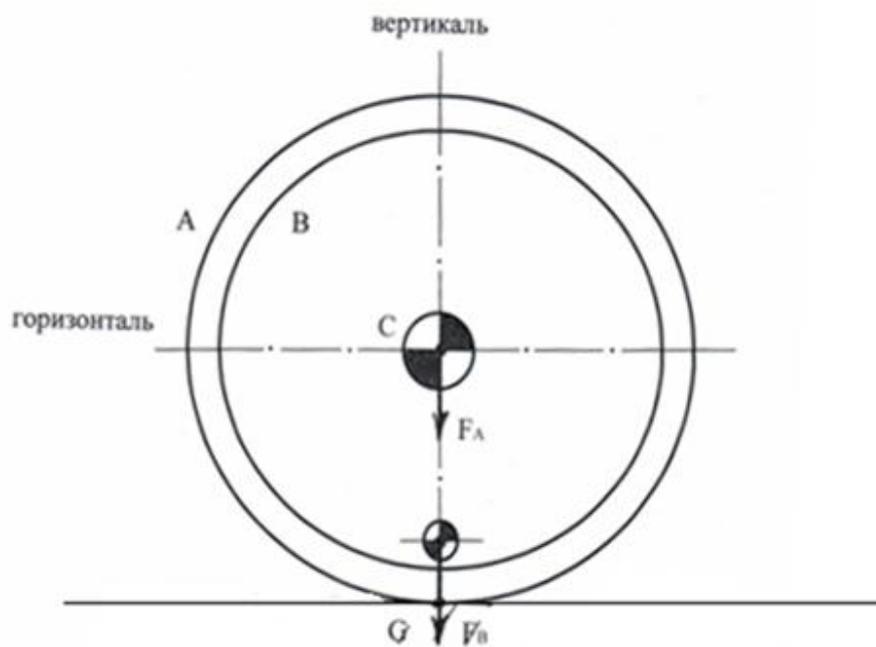


Рис. 1. Нормальное состояние моноцикла (состояние покоя)

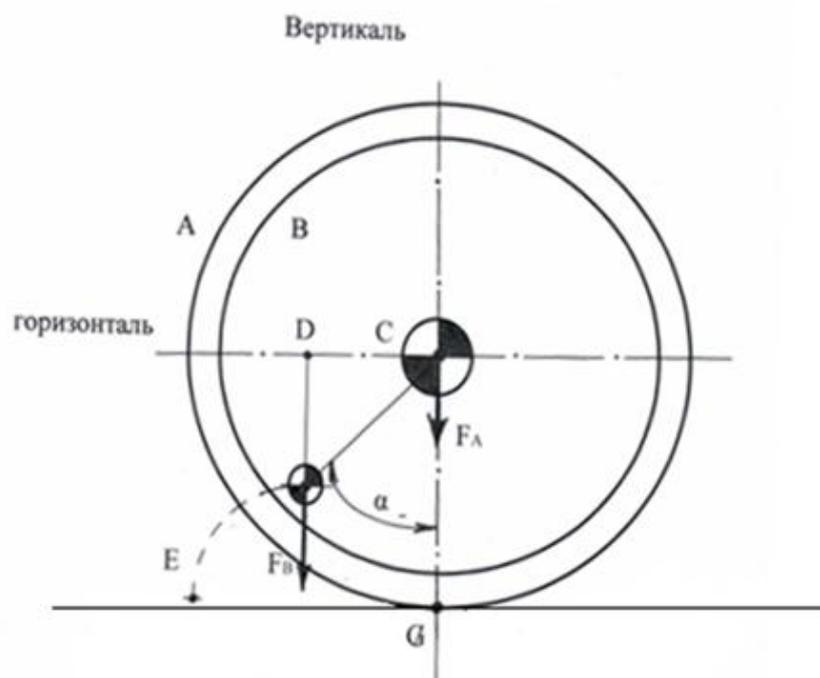


Рис. 2. Движение моноцикла

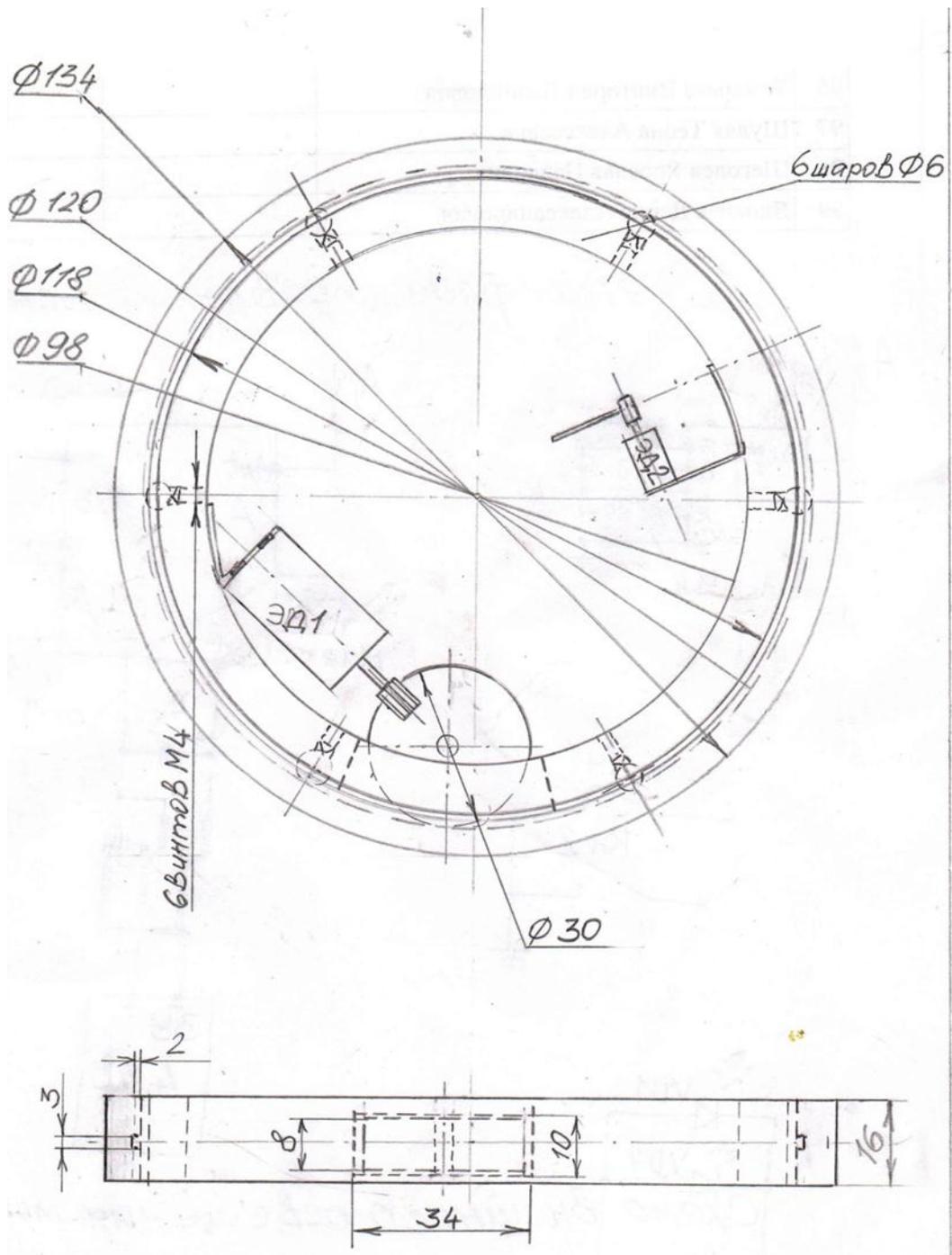


Рис. 3. Эскиз шасси моноцикла.

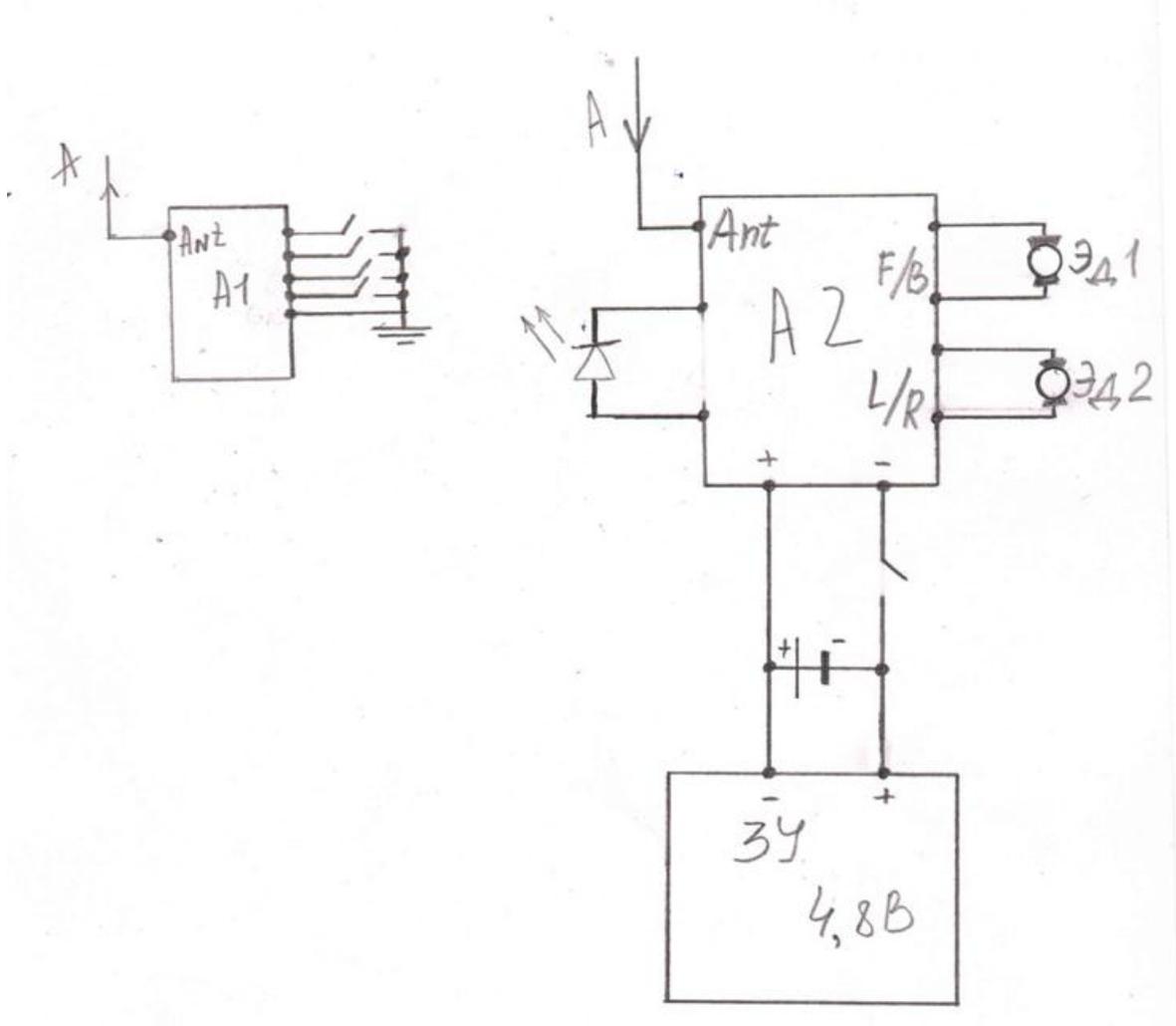


Рис. 4. Схема радиоуправления моделью.

# *Солнечный концентратор*

**Автор:** Селянин Дмитрий Алексеевич, МБОУ «СОШ»№18, класс 11,  
г. Новомосковск

**Научный руководитель:** Николаева Н.В, педагог дополнительного  
образования «МБУ ДО «ДДЮТ» г. Новомосковск

г. Новомосковск

2019 г.

## Содержание

Введение.....	3
Концепция аппарата с солнечным концентратором (АСК).....	3
Расчёт характеристик движения АСК и его размещения.....	4
Заключение.....	9
Источники информации.....	10
Приложения.....	I

## **Введение**

Еще с начала нашего тысячелетия, возможность и способы использования энергии солнечных лучей заботили самые выдающиеся умы человечества. Уже тогда люди прекрасно понимали, что Солнце является источником излучения неисчерпаемой энергии.

С развитием технологий человечество начало задумываться о колонизации ближайшего небесного тела, разрабатывая новые лунные базы, варианты доставки космонавтов на поверхность спутника, а также способы получения энергии в условиях космоса. Самым популярным является солнечные батареи. Для их вывода на поверхность Луны потребуются большие денежные вложения.

Возможным способом повышения эффективности группировки солнечных батарей является солнечный концентратор, который будет перенаправлять солнечные лучи, тем самым увеличивая силу, вырабатываемую солнечными батареями.

В рамках работы рассмотрены вопросы, связанные с разработкой солнечного концентратора, предназначенного для перенаправления солнечных лучей на поверхность Луны.

Цель работы: доказать возможность и целесообразность использования солнечного концентратора для увеличения мощности солнечных батарей на лунной поверхности.

Задачи:

1. разработать концепцию солнечного концентратора;
2. рассчитать окололунную орбиту аппарата с солнечным концентратором;
3. рассчитать эффективность применения солнечного концентратора.

### **Концепция аппарата с солнечным концентратором (АСК)**

Солнечный концентратор представляет собой систему солнечных парусов, объединенных в форме диска, покрытого полиэфирной пленкой толщиной 5 микрон. С «солнечной» стороны нанесен субмикронный слой серебра (коэффициент отражения 0,94). Такая пленка достаточно прочна, но стоит ее повредить, например, микрометеоритом – и разрыв сразу же ползет по всей поверхности. Чтобы пленка не рвалась, ее армируют [1].

Свет, попадающий на его поверхность, будет отражаться на солнечные батареи, что увеличит вырабатываемую силу тока и повысит мощность вырабатываемой ими энергии.

Конструкция АСК состоит из следующих частей (Рис.1 в Приложениях):

1. приборная платформа;
2. солнечный концентратор;
3. солнечные батареи;
4. служебная аппаратура.

Приборная платформа устанавливается на адаптер (раму) РН и соединяется с ним пирозамками. На ее герметичном днище размещаются узлы крепления к разгонной двигательной установке (РДУ), антенна, солнечные датчики, сопла двигателей ориентации и стабилизации.

С внутренней стороны платформы размещаются радиокомплексы Dm и S-диапазонов, приемник GPS, бортовой компьютер, датчик микроускорений, блок управления двигательной установкой, аккумуляторная батарея, два газовых баллона для обеспечения раскрытия солнечных парусов[1].

На оставшееся свободное пространство днища с наружной и внутренней стороны нанесено покрытие с оптическими свойствами, обеспечивающими требуемый тепловой режим.

На верхнем фланце платформы установлен блок парусов с приводами, системой наполнения, механизмами фиксации и расчеховки. До выведения на рабочую орбиту АСК закрыт защитным радио-прозрачным кожухом, который сбрасывается перед раскрытием парусов.

Солнечный отражатель должен разворачиваться и поддерживаться специальным пневмокаркасом, который приобретает жесткость после наполнения азотом. В сложенном виде диск помещается в контейнер размером с кирпич – сначала его вакуумируют, удаляя оставшийся воздух, а затем многократно сворачивают по специально разработанной схеме укладки [2].

АСК должен выводиться ракетой-носителем на лунную полярную орбиту, которая будет проходить над кратером Пири, где произойдет раскрытие солнечного концентратора.

### **Расчёт характеристик движения АСК и его размещения**

Рассмотрим различные варианты размещения группировки АСК.

Для постоянного освещения кратера с помощью одного АСК необходимо его стационарное расположение над кратером. Для этого могут использоваться селеностационарная орбита или точки Лагранжа.

Радиус селеностационарной орбиты составит

$$R_c = \sqrt[3]{G \frac{M}{\omega^2}} = \sqrt[3]{G \frac{M * T^2}{4 * \pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{6,67 * 10^{-11} * 7,35 * 10^{22} * 2360591^2}{4 * 3,14^2}} = 88450 \text{ км}$$

Тогда высота орбиты равна:

$$H = R_c - R_{\text{л}} = 88450 - 1737 \approx 86700 \text{ км}$$

Ближайшая к Луне точка Лагранжа (L2), в которой может находиться АСК, расположена на расстоянии в 61 500 км от спутника [3].

Возможным способом размещения АСК может стать окологрунная полярная орбита, так как в этом случае из-за разницы высот над кратером радиус кривизны СК будет соответственно меньше.

Рассмотрим 2 варианта орбиты движения АСК: круговую и эллиптическую.

При анализе круговой орбиты АСК (Рис. 2 в Приложениях), выявлено: при движении аппарата по круговой орбите, он находится над искомой поверхностью  $27^\circ$ , т.е. его рабочая фаза составляет 0.075 периода обращения вокруг Луны независимо от радиуса. Таким образом, для постоянного освещения кратера Пири потребуется вывод на круговую окологрунную орбиту 14 АСК.

При движении аппарата по эллиптической орбите, рабочая фаза будет больше, чем у круговой в зависимости от параметров орбиты, что позволит снизить количество аппаратов на окологрунной орбите.

Рассчитаем параметры оптимальной орбиты.

Время нахождения аппарата над кратером зависит от большой полуоси орбиты, которая вычисляется по формуле:

$$a = \frac{r_p}{1-e}, \text{ где}$$

$r_p$  – перифокусное расстояние, а  $e$  – эксцентриситет орбиты.

Примем за минимальную высоту орбиты – 120 км, так как при меньшей высоте концентратор будет подвержен большему повреждению от реголита и запыления.

Таким образом, перифокусное расстояние будет равно

$$r_p = H + R_{\text{л}} = 1857 \text{ км.}$$

Зависимость большой полуоси от эксцентриситета представлена в Табл.1 в Приложениях.

Очевидно, при эксцентриситете  $e=0.8$  АСК работает максимально продуктивно и освещает кратер Пири в течение  $97^\circ$  или  $0.27$  периода обращения вокруг Луны. Следовательно, для постоянного освещения кратера понадобится одновременно 4 АСК. При работе на расчётной орбите периодически будет возникать ситуация, когда над кратером будет находиться два АСК, что приведёт к большему увеличению силы тока (Рис.3 в Приложениях).

Таким образом, большая полуось орбиты  $a=9285$  км, малая полуось равна

$$b = a * \sqrt{1 - e^2} = 5571 \text{ км.}$$

Рассчитаем время, в течение которого один АСК освещает кратер Пири.

Период обращения АСК по эллиптической орбите равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}}$$

Из этого следует, что время, которое АСК освещает кратер Пири равно

$$t = \frac{97^\circ}{360^\circ} * 2\pi \sqrt{\frac{a^3}{GM}} = \frac{97^\circ}{360^\circ} * 2\pi \sqrt{\frac{9285000^3}{6,67 * 10^{-11} * 7,35 * 10^{22}}} = 21621 \text{ с.}$$

В зависимости от угла наклона Солнца, коэффициент полезного действия (КПД) солнечного концентратора, перемещающегося по орбите, равно отношению количества энергии, вырабатываемой солнечными батареями, к количеству энергии, направленной под углом  $\beta$  и вычисляется по формуле:

$$\eta = \frac{100\%}{\text{TAN}(|90^\circ - \beta|) * \text{SIN}(|90^\circ - \beta|)}$$

Из-за этого процент выделенной концентратором энергии от полученной солнечными батареями при  $\beta=1^\circ$  относительно горизонтальной поверхности составляет  $1,7\%$ , при  $\beta = 45^\circ$  –  $70\%$  (Табл.2 в Приложениях).

### **Форма солнечного концентратора (СК)**

Формой концентратора был выбран вогнутый диск, радиус которого варьируется в зависимости от выбранного размещения. Так как на Луне нет атмосферы, и не происходит

рассеивания лучей, то конфигурация концентратора должна быть выбрана так, чтобы солнечные лучи концентрировались на необходимой площади.

Максимальная площадь поверхности концентратора не должна превышать

$$S_R = \frac{t_{пл} * S_c}{\Delta t},$$

где  $t_{пл} = 1414^{\circ}\text{C}$  – температура плавления солнечных батарей,  $S_c$  – площадь освещаемой поверхности,  $\Delta t$  – изменение температуры с помощью прямых солнечных лучей.

Для кратера Пири  $\Delta t \approx 100^{\circ}\text{C} \Rightarrow$  отношение площади СК к площади освещаемой поверхности  $\frac{S_R}{S_c} \approx 14$ . Принимая во внимание, что формы концентратора и освещаемой поверхности близки к круговым,

$$\frac{R^2}{R_c^2} = 14 \Rightarrow \frac{R}{R_c} \approx 3,74.$$

Для АСК, перемещающегося по эллиптической орбите, его радиус кривизны должен варьироваться от  $R_{\min} = 2 * (H_{\min} + L_n)$  до  $R_{\max} = 2 * (H_{\max} + L_k)$  [4],

где  $H_{\min} = 4327$  км – минимальная высота солнечного концентратора над кратером, а  $H_{\max} = 7428$  км – максимальная высота для лучшей фокусировки на площадь освещения,  $L_n$  и  $L_k$  – дополнительные расстояния, необходимые для концентрирования солнечного потока не в точку, а в окружность необходимого радиуса (Рис.4 и Рис.5 в Приложениях).

Из-за временного нахождения над кратером 2 АСК  $\frac{R}{R_c}$  составит:

$$\frac{R}{R_c} = \sqrt{\frac{t_{пл} * S_c}{2 * \Delta t}} = 2.64 \Rightarrow$$

$$L_k = \frac{H_{\min} * R}{R - R_c} = 1.64 H_{\min}$$

$$L_n = \frac{H_{\max} * R}{R - R_c} = 1.64 H_{\max}$$

$$R_{\min} = 3.28 * H_{\min} = 13846 \text{ км}$$

$$R_{\max} = 3.28 * H_{\max} = 23766 \text{ км}$$

При движении АСК высота ткани (расстояние от центра отражателя до плоскости его краёв) должно изменяться на

$$\Delta h = \sqrt{R_{\max}^2 + R^2} - \sqrt{R_{\min}^2 + R^2} - (R_{\max} - R_{\min}) =$$

$$\sqrt{(2.6 * H_{\max})^2 + R^2} - \sqrt{(2.6 * H_{\min})^2 + R^2} - 2.6 * (H_{\max} - H_{\min})$$

Для селеностационарной орбиты и для точки Лагранжа радиус кривизны рассчитывается по формуле:

$$R_p = \sqrt{\frac{t_{пл} * S_c}{\Delta t}} * 2H \Rightarrow$$

$$R_s = 4,73 * 86700 = 410091 \text{ км}$$

$$R_L = 4,73 * 61500 = 290895 \text{ км}$$

### Расчеты эффективности СК

В светлое время суток при прохождении над кратером Пири одного АСК на солнечных батареях будет увеличиваться вырабатываемая сила тока в  $\frac{t_{пл}}{2 * \Delta t} + 1 \approx 8$  раз, в то время как напряжение будет незначительно падать из-за нагревания [5,6,7]. Те же процессы будут происходить при увеличении освещённости (при активной фазе двух АСК) (Табл.3 в Приложениях).

В случае размещения АСК в точке Лагранжа или на селеностационарной орбите вырабатываемая сила тока будет увеличиваться в  $\frac{t_{пл}}{\Delta t} + 1 \approx 15$  раз.

Поскольку используется серебряная плёнка имеет коэффициент отражения 0,94, то теоретические показатели будут уменьшаться прямо пропорционально  $\mu$ . (Табл.4 в Приложениях).

В результате использования АСК возможно минимизировать количество солнечных батарей на поверхности Луны в 15 раз, так как аппарат позволит увеличить вырабатываемую ими силу тока примерно в 15 раз. В итоге АСК даст возможность сэкономить на производстве и доставке солнечных батарей для лунной базы.

## Заключение

В проекте изучены вопросы, связанные с разработкой солнечного концентратора, предназначенного для увеличения силы тока, вырабатываемой солнечными батареями. Проведены расчёты для подтверждения целесообразности использования солнечного концентратора.

Аппараты, оснащенные солнечным концентратором, освещая кратер Пири с окололунной орбиты, способны повысить вырабатываемую солнечными батареями силу тока в 8-15 раз. При этом, на круговой орбите для непрерывной работы необходимо разместить 14 аппаратов, на эллиптической орбите достаточно всего 4 АСК.

При использовании АСК в точке Лагранжа (L2) или на селеностационарной орбите потребуется всего один аппарат, который позволит повысить вырабатываемую солнечными батареями силу тока в 15 раз или соответственно уменьшить их площадь.

## Источники информации

1. Солнечный парус [Электронный ресурс]  
<http://howitworks.iknowit.ru/paper1001.html>
2. Солнечный парус[Электронный ресурс] <http://galspace.spb.ru/orbita/parus.htm>.
3. Borchardt M. The Lagrange points in the Earth-Moon system
4. Вогнутое зеркало [Электронный ресурс]  
<http://globalphysics.ru/physics/svet/250-vognutoe-zerkalo.html>
5. Чопра К. Тонкоплёночные солнечные элементы.  
Издательство «Мир»1986г.
6. Фаренбрух А.,Бьюб Р. Солнечные элементы (теория и эксперимент)  
Издательство «Энергоатомиздат» 1987г.
7. О повышении эффективности энергетической установки на основе солнечной энергии[Электронный ресурс] [cyberleninka.ru](http://cyberleninka.ru)

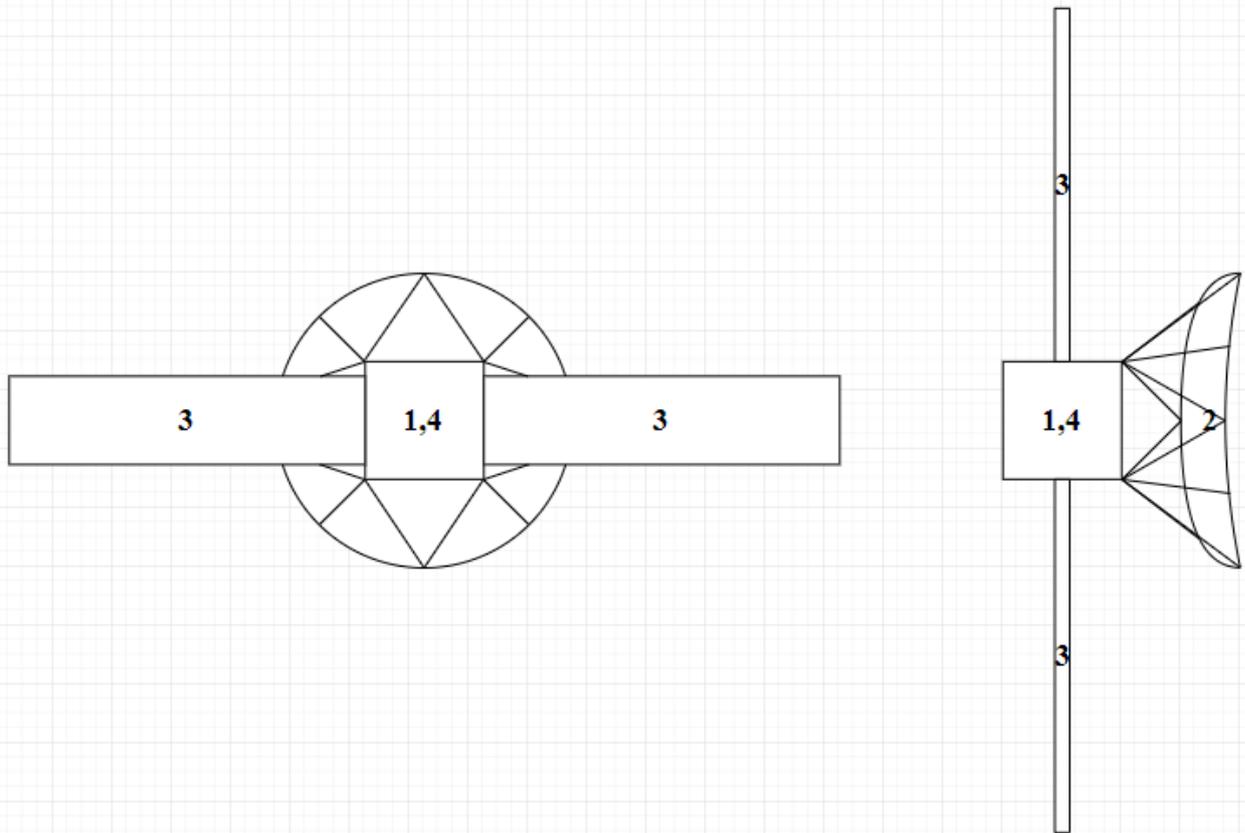


Рис. 1. Схема АСК, где

- 1. приборная платформа;
- 2. солнечный концентратор;
- 3. солнечные батареи;
- 4. служебная аппаратура.

**Таблица 1. Зависимость большой полуоси орбиты от эксцентриситета**

	Большая полуось
--	--------------------

Эксцентриситет	
0,1	2063,333
0,2	2321,25
0,3	2652,857
0,4	3095
0,5	3714
0,6	4642,5
0,7	6190
0,8	9285
0,9	18570

**Таблица 2. Зависимость КПД СК от угла наклона**

КПД	Угол наклона
8,719933	5

17,36887	10
25,88563	15
34,2054	20
42,26486	25
50,00267	30
57,35996	35
64,28073	40
70,71232	45
76,60577	50
81,91624	55
86,60331	60
90,63132	65
93,96961	70
96,59278	75
98,48086	80
99,61949	85

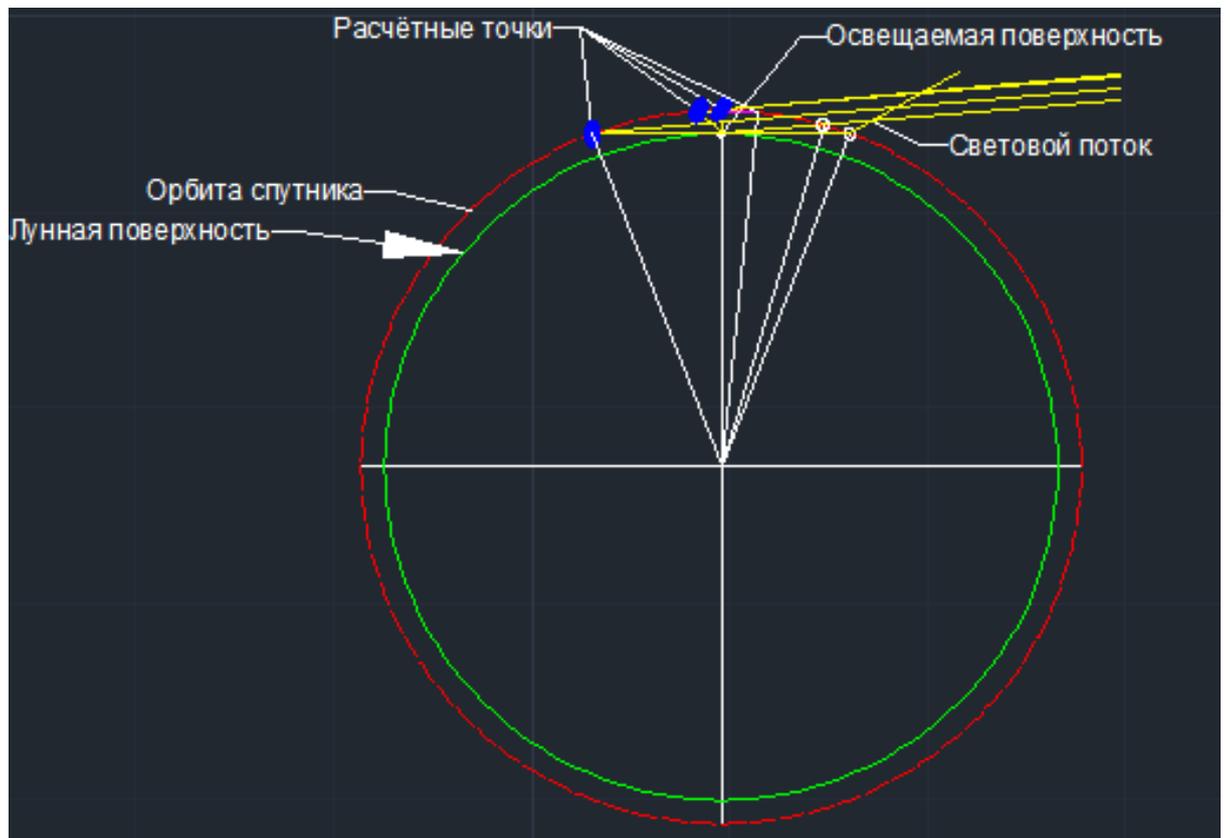


Рис. 2. Схема движения аппарата по круговой орбите

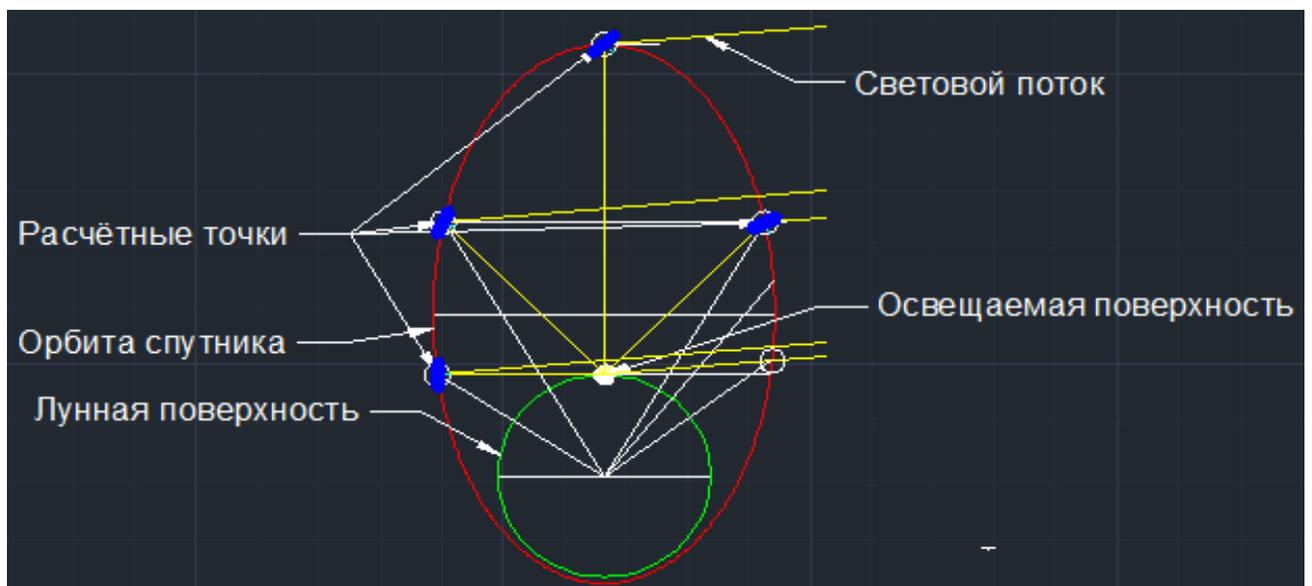


Рис. 3. Схема расположения АСК на окололунной эллиптической орбите

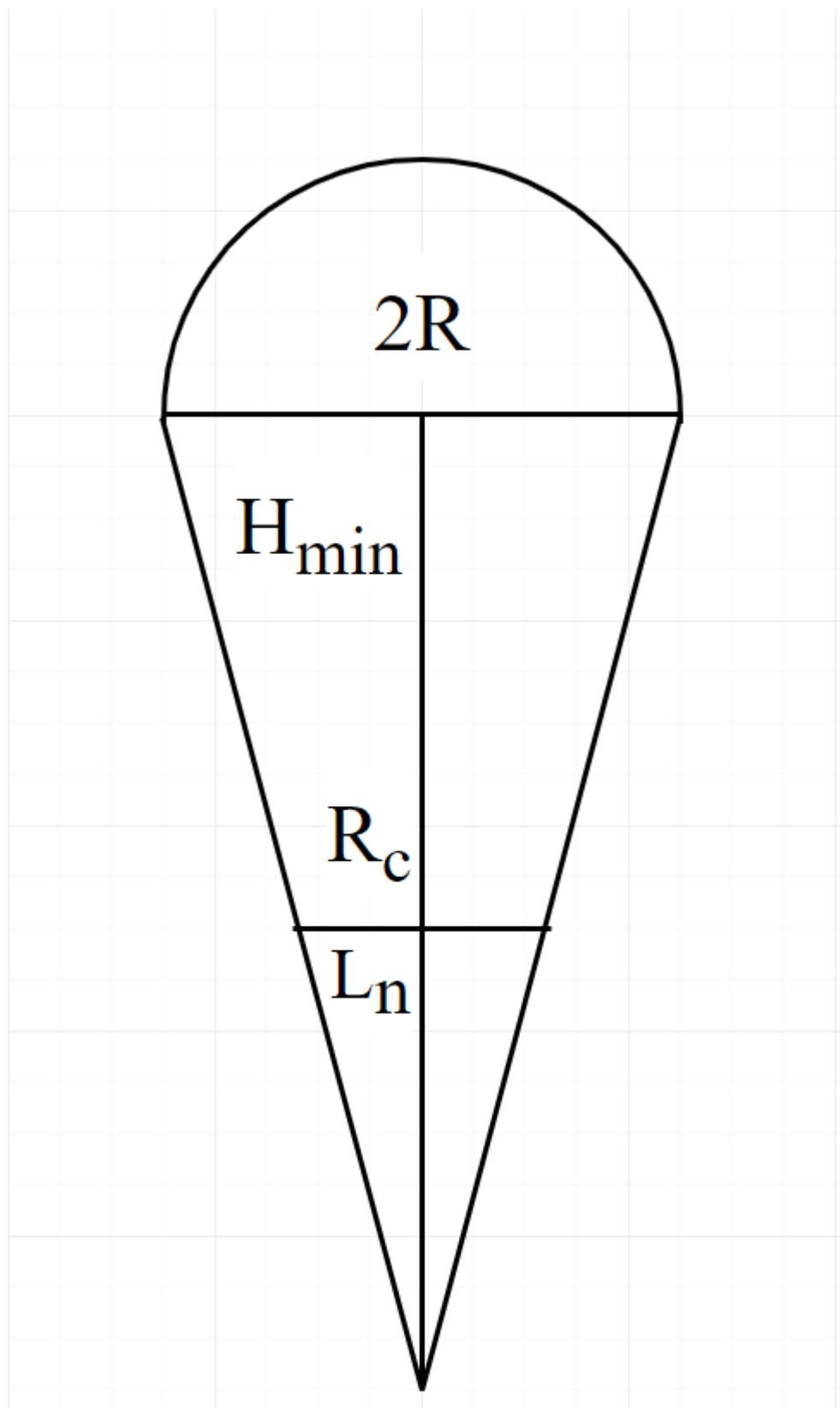


Рис. 4. Схема расположения АСК для расчёта радиуса кривизны при  $R_{min}$

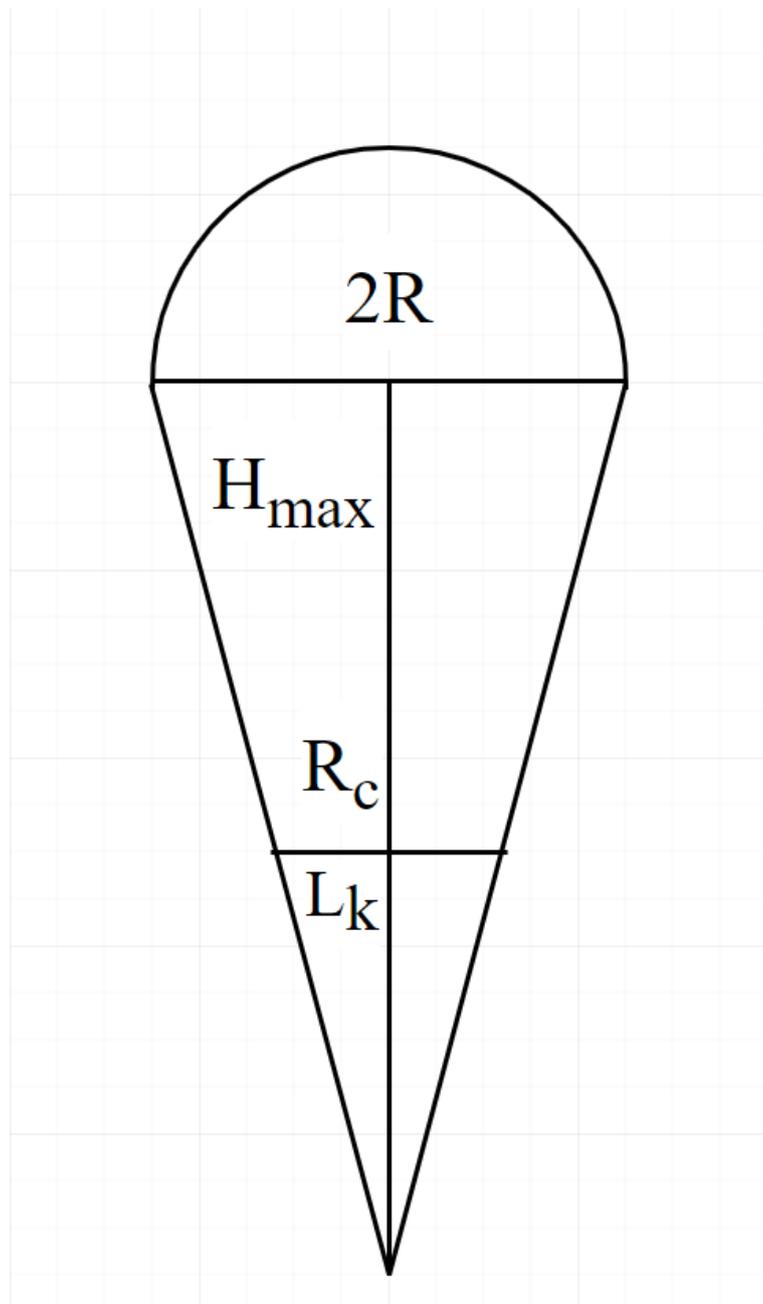


Рис. 5. Схема расположения АСК для расчёта радиуса кривизны при  $R_{max}$

C	U, В	I, mA	f	P, мВт
1	2,75	72	0,69	136,62
2	2,72	144	0,66	258,5088
3	2,63	216	0,63	357,8904
4	2,58	288	0,6	445,824
5	2,52	360	0,57	517,104
6	2,46	432	0,54	573,8688
7	2,4	504	0,51	616,896
8	2,34	576	0,48	646,9632
9	2,28	648	0,45	664,848
10	2,22	720	0,42	671,328
11	2,16	792	0,39	667,1808
12	2,10	864	0,36	653,184
13	2,04	936	0,33	630,1152
14	1,98	1008	0,3	598,752
15	1,92	1080	0,27	559,872

***Анализ возможности применения  
технологических роботов  
вертикального перемещения  
на поверхности космического аппарата***

**Автор:** Гавриков Михаил Михайлович, МБОУ «Лицей», класс 11,  
г. Новомосковск

**Научный руководитель:** Николаева Н.В, педагог дополнительного  
образования «МБУ ДО «ДДЮТ» г. Новомосковск

г. Новомосковск

2019 г.

**Содержание**

1.Введение	3
2.Классификация ТРВП	4
2.1.Способы фиксации на вертикальную поверхность	4
2.2.Виды движения	4
3.Гусеничная вакуумная система	5
4.Методы дефектоскопии	6
4.1.Ультразвуковой метод	7
5.Размеры	7
6.Микроконтроллеры	8
7.Алгоритм	9
8.Заключение	9
10.Источники информации	10
11.Приложения	..11

## 1. Введение

С развитием робототехники огромное значение как в космической, так и в производственной сфере имеют мобильные роботы. Мобильные роботы применяются в недоступных или опасных для человека средах: под водой, в условиях высокой температуры, а также на больших высотах. Одним из направлений в развитии мобильной робототехники стало создание технологических роботов вертикального перемещения (ТРВП). ТРВП способны осуществлять различного рода работы: строительно-монтажные, покрасочные, ремонтные, диагностические и т.д.

В таких странах, как Япония, США, Англия и Россия уже многие годы ведутся исследования, направленные на разработку и создание автономных ТРВП, которые могут обходить препятствия и перемещаться по любой наклонной плоскости. Так, например, больших успехов в создании и использовании ТРВП достигли компании: International robotic technology, Hitachi. А на базе Портсмутского университета даже был создан международный координационный центр по роботам вертикального перемещения CLAWAR. ТРВП создаются и в России под управлением РАН.

Столь большая заинтересованность стран в создании роботов вертикального перемещения прежде всего связана с возросшими требованиями к выполнению технологических операций и с появлением трудновыполнимых для человека задач. К трудновыполнимым задачам относится и технический осмотр космического носителя. Особенно актуальным это становится в условиях применения многоразовых ракет-носителей и баллистических ракет, стоящих на боевом дежурстве в течение долгого времени.

Человеческий фактор играет немаловажную роль при проведении технического осмотра, так как человек способен не заметить какие-либо микротрещины или же дефекты в обшивке космического аппарата, что может привести как к материальным, так и к человеческим потерям.

В данной работе исследована и проанализирована возможность применения автономных мобильных ТРВП на космическом аппарате.

**Цель работы:** оценить возможность применения автономного мобильного робота вертикального перемещения для обследования стоящих на старте космических аппаратов.

### **Задачи:**

1. выбрать вид движения робота;
2. проанализировать способы фиксации ТРВП на поверхности космического носителя;
3. определить метод дефектоскопии;
4. выбрать микроконтроллеры;
5. создать чертеж ТРВП в программе КОМПАС-3D V15.1;
6. создать алгоритм управления роботом.

## **2. Классификация ТРВП**

При проектировании автономного мобильного ТРВП нужно учитывать следующие технические характеристики:

1. способы фиксации на вертикальную поверхность;
2. виды движения;
3. максимальная полезная нагрузка;
4. мощность приводов;
5. возможность автономного управления.

При рассмотрении данных технических характеристик нужно иметь в виду изогнутую конструкцию космического носителя, по которой и будет передвигаться робот.

### **2.1. Способы фиксации на вертикальную поверхность**

Существует два способа фиксации: магнитный и вакуумный. Магнитный способ фиксации не может быть применен в ТРВП, так как он используется только для ферромагнитных поверхностей, каковыми обшивки космических кораблей не являются. Следовательно, остается только один способ – вакуумный.

Вакуумные системы (ВС) получают наибольшее распространение среди мобильных ТРВП. Во-первых, потому что вакуумный способ фиксации намного компактнее, чем магнитный. Во-вторых, ТРВП с вакуумной системой фиксации способен двигаться по любым гладким поверхностям, будь то металл, стекло или камень.

ВС делятся на три вида: эжекторные, с вакуумным насосом, вентиляторные. Из этих трех видов наиболее универсальными в плане компактности являются эжекторные системы, которые и используются во многих ТРВП.

### **2.2. Виды движения**

На данный момент известно шесть видов реализации механического перемещения транспортного модуля ТРВП по вертикальной поверхности. Анализируя их, я прежде всего буду отталкиваться от изогнутой формы космического носителя, потому что не все системы перемещения способны двигаться по окружности. Так, например, параллелограммный, шаговый дискретный, шаговый непрерывный способы движения не могут быть реализованы в создании ТРВП, так как они не смогут обеспечить движение по изогнутым поверхностям

Первый вид – гусеничный. Данный способ использует гусеничный механизм для передвижения робота, что позволяет ему иметь высокую маневренность и хорошую проходимость. Гусеничный способ является одним из самых надежных. Но при этом существенно увеличивается вес и сложность конструкции.

Второй вид – скользящее уплотнение. Такой способ движения с помощью скользящего уплотнения выполняется за счет перепада давления между окружающей средой и внутри

вакуумной камеры, а само движение осуществляется посредством колесного привода. Очевидными плюсами являются высокая маневренность и повышенная скорость.

Третий вид – антропоморфный. Этот способ предполагает движение за счет многозвенных опор, идея которых была взята у насекомых. Огромным недостатком антропоморфного вида является сложность конструкции, а, следовательно, и пониженная надежность. Однако, такой вид движения обеспечивает наибольшую гибкость в сравнении с другими видами.

В Таблице 1 в Приложениях приведены значения мощности приводов, возможности автономного управления, максимальной полезной нагрузки ТРВП с вакуумным гусеничным, антропоморфным видами движения, а также с видом движения с помощью скользящего уплотнения. Из нее можно сделать вывод, что гусеничный вид движения с вакуумной системой фиксации наиболее применим в создании ТРВП для технического осмотра космического носителя, так как такие роботы имеют наибольшую максимальную полезную нагрузку.

### **3. Гусеничное вакуумная система**

Гусеничное устройство с вакуумной системой представляет собой замкнутую гусеничную ленту, которая содержит гибкую ленту с множеством отверстий на ее поверхности для создания вакуума между лентой и стеной, а в нашем случае с обшивкой космического аппарата.

Гусеничная конструкция будет состоять из следующих элементов:

- двух гусеничных блоков вакуумного действия, которые размещаются параллельно и связываются шарнирно с основной рамой;
- 4 шкивов по два на каждый гусеничный блок, образующих колесную базу и установленных на противоположных концах рамы гусеничной ленты;
- блока всасывания, который является источником вакуума и обеспечивает вакуум на оба гусеничных блока;
- двух гибких трубопроводов и соединителей, которые обеспечивают связь между гусеничными блоками и блоком всасывания;
- основной рамы.

На рисунках 1,2,3,4 в Приложениях показана схема гусеничной вакуумной системы в сборном и в разборном состояниях, гусеничного блока, внешней и внутренней ленты гусеничного блока.

Коробка распределения вакуума 3 (рис.4 в Приложениях) обеспечивает простой тип клапанной системы и поэтому вакуум, распределяющийся коробкой от блока всасывания 1 (рис.2 в Приложениях), создается только для нижней части замкнутой гусеничной ленты (рис.1 в Приложениях), которая обращена к поверхности движения. Также коробка распределения вакуума обеспечивает опору гусеничной ленте. Коробка имеет несколько камер вакуумного

действия 1 (рис.4 в Приложениях), которые повышают безопасность системы при потере вакуума (в случае нарушения герметичности в одной из камер). Каждая камера вакуумного действия соединена с блоком всасывания через вакуумные клапаны 4 (рис.4 в Приложениях) и вакуумный коллектор 5 (рис.4 в Приложениях). Вакуумные клапаны необходимы еще и для того, чтобы при потере вакуума в одной из камер вакуумного действия влияние не распространилось на другие камеры.

Отверстия 2 на внешней ленте 1 (рис.1 в Приложениях) должны иметь такую ширину в поперечном направлении, что будут занимать от 70% до 90% от всей ширины внешней ленты, чтобы обеспечить хорошее сцепление с поверхностью.

Важным фактором является мягкость внешней ленты, которая изготовлена из резины. Мягкость зависит от криволинейности поверхности. Согласно исследованиям Американского общества по испытанию материалов, приемлемой мягкостью будет являться промежуток от 5 до 60 кПа.

#### **4. Методы дефектоскопии**

Дефектоскопия может реализовываться различными методами, проанализируем, какие из них подходят для ее проведения на космическом носителе. Так, например, магнитная дефектоскопия не может быть реализована из-за материала самой обшивки, который чаще всего состоит из алюминия или вольфрама – оба металла являются парамагнетиками и магнитятся только при сильном магнитном поле. А при лазерном методе, лазер будет отражаться от краски на обшивке и достоверных результатов мы не получим. Таким образом, было решено применить единственный возможный метод дефектоскопии - ультразвуковой.

##### **4.1 Ультразвуковой метод**

В настоящее время наибольшее применение получает эхо-импульсный метод ультразвуковой дефектоскопии. Эхо-импульсный метод основан на излучении звуковых импульсов дефектоскопом в диагностируемый объект с последующей регистрацией эхо-сигнала, отраженного от дефекта. К основным преимуществам данного метода относятся: большая чувствительность к внутренним дефектам, высокая точность определения координат дефекта и относительная компактность дефектоскопа, но в это же время огромным минусом является слабая помехоустойчивость к поверхностным отражателям. В нашем случае поверхностным отражателем будет краска, которая наносится на обшивку космического носителя. Однако, на данный момент уже существует ультразвуковой дефектоскоп, который обладает сильной помехоустойчивостью, хотя цена резко возрастает в несколько раз в сравнении с простыми приборами.

При рассмотрении уже существующих дефектоскопов предпочтение будет отдаваться российским моделям марки УСД. Во-первых, данные дефектоскопы обладают наибольшей

надежностью среди своих аналогов китайской марки SIUI и чешской STARMANS. А во-вторых, они обладают наименьшей ценой при своих характеристиках в сравнении с конкурентами. Было исследовано два дефектоскопа модели УСД: УСД-50 IPS, УСД-60. Данные о них представлены в Таблице 2 в Приложениях.

Из этих данных можно сделать вывод, что наиболее подходящим для нас дефектоскопом является УСД-50 IPS, так как он имеет наибольшее время работы и наименьшую массу, что является важнейшими критериями при проектировании ТРВП.

## **5. Размеры**

Общий вид ТРВП представлен в различных проекциях на чертежах 1, 2, 3 в Приложениях.

При создании ТРВП стоит обратить внимание на его размеры. Увеличение размеров ведет к утяжелению конструкции, а слишком маленький аппарат будет сложен в изготовлении и эксплуатации. Поэтому было решено выбрать следующие размеры:

При общей высоте робота в 180 мм корпус выступает всего лишь на 100 мм при его общей высоте в 140 мм. Один гусеничный блок имеет длину в 330 мм и ширину в 60 мм при общей ширине робота в 300 мм, гусеничные блоки занимают всего лишь 120 мм от всей ширины ТРВП. Отверстия в гусеничной ленте (Чертеж.2 в Приложениях) расположены по 2 штуки в каждом отверстии внешней ленты. Диаметр отверстий внутренней ленты - 1 мм и 2 мм для того, чтобы обеспечить безопасность системе в случае потери вакуума.

Основные детали конструкции робота, скрытые под корпусом: блок всасывания, основная рама, ультразвуковой дефектоскоп, аккумулятор, плата с микроконтроллером, различные датчики и анализаторы. Таким образом, обеспечивается наибольшая компактность и безопасность.

## **6. Микроконтроллеры**

Для того, чтобы мобильный ТРВП стал автономным применяются микроконтроллеры (МК), необходимые для управления системой движения.

В проектировании ТРВП я планирую использовать новейшие и, одновременно с этим, мощнейшие 32-битные PIC МК. На сайте компании-производителя можно найти последнюю модель 32-битных микроконтроллеров – это PIC32MZ2064DAH176. Главными преимуществами этой модели являются:

1. 2 МБ флеш-памяти.
2. 640 КБ SRAM памяти
3. Режим microMIPS для сжатия кода до 35%
4. Поддержка интерфейса CAN
5. Максимальная скорость процессора - 200 МГц.

## 6. Низкая стоимость.

Для программирования микроконтроллера, то есть его прошивки, используется программатор – плата, которая подключается к компьютеру по USB кабелю. Для прошивки микроконтроллеров семейства PIC32MZ применяется программатор DM320010-C-Pic32mz.

Компания-производитель PIC МК-Microchip разработала собственную программу для прошивки МК под названием MPLAB. Последней версией является MPLAB X IDE v5.10. Microchip осуществляет постоянное обновление MPLAB, поэтому даже современные микроконтроллеры поддерживаются данной программой. MPLAB позволяет использовать компилятор, как с языка Ассемблер, так и с языка C, который является языком высокого уровня, обычно МК программируются именно на нем.

## 7. Алгоритм

Автономный мобильный ТРВП будет производить технический осмотр посредством выявления в обшивке космического аппарата возможных микротрещин, то есть робот будет проводить дефектоскопию. При обнаружении различных дефектов или трещин, их координаты будут записываться в память микроконтроллера (МК), а после передаваться на компьютер через определенный интерфейс RS-485, который обладает скоростью передачи данных - 10Мбит/с, а также возможностью передачи информации на максимальное расстояние в 1.2 км. После получения координат, специалист вручную проверяет дефект и оценивает уровень его опасности для космического носителя.

Для того, чтобы ТРВП проводил технический осмотр на объекте нужно разработать алгоритм действий робота. На рисунке 5 в Приложениях представлен циклический алгоритм действий ТРВП, который состоит из следующих этапов: получение роботом прямоугольной координатной сетки, состоящей из множества точек, по которым будет производиться движение ТРВП. После начала движения задача робота состоит в поиске трещин. Если ТРВП не находит их на поверхности носителя, то он получает новую прямоугольную координатную сетку и начинает производить осмотр в ее пределах. В случае нахождения трещины, дефектоскоп, находящийся на роботе начинает определять ее длину, ширину и глубину. После этого робот записывает данные и координаты трещины в память микроконтроллера. При этом информация автоматически отправляется на компьютер, с которого отслеживается его работа. Один цикл заканчивается, работа ТРВП повторяется до момента обследования всей площади поверхности в пределах прямоугольной сетки.

Прямоугольная сетка может быть размещена в любом месте обшивки обследуемого аппарата, ее размеры также могут варьироваться.

## 8. Заключение

В своей работе я исследовал возможность применения автономного мобильного ТРВП для обследования цельности внешней оболочки космического аппарата многоразового применения или ракет, длительное время стоящих на боевом дежурстве. Рассмотрены способы фиксации робота на поверхность аппарата, определен вид движения, выбран способ проведения дефектоскопии. В работе представлены чертежи конструкции ТРВП и составлен алгоритм действий робота.

## **9. Источники информации**

1. Градецкий В.Г, Рачков М.Ю. Роботы вертикального перемещения. М.: Тип. Мин. Образования РФ, 1997, 223 с.
2. Нильсен С.А, Хансен П.Б. Гусеничное устройство вакуумного действия для движения по стене [Электронный ресурс] // ЕДРИД .Режим доступа: <http://edrid.ru/rid/218.016.4082.html>
3. Менякин А.Ю. Робот-дефектоскоп для железнодорожного полотна [Электронный ресурс] // Nauka-rastudent.ru. Режим доступа: <http://nauka-rastudent.ru/36/3805/>
4. Побегайлов О.А, Кравченко И.В, Кожуховский С.О. Мобильные роботы вертикального перемещения [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mobilnye-roboty-vertikalnogo-peremescheniya>
5. Чащухин В.Г. Исследование параметров движения робота со скользящим уплотнением [Электронный ресурс] // Cyberleninka.ru. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-parametrov-dvizheniya-robota-so-skolzyaschim-uplotnieniem>



## Приложения

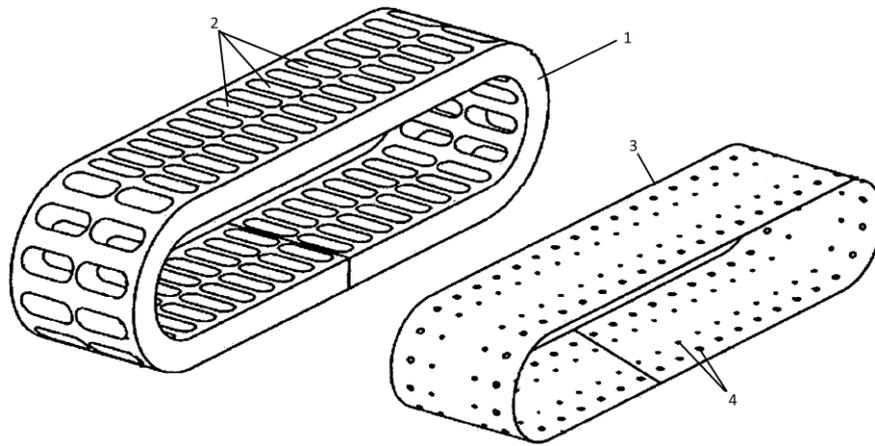


РИС.1

---

Рис.1. Схема гусеничной ленты: 1- внешняя лента; 2-отверстия; 3-внутренняя лента; 4- всасывающие отверстия.

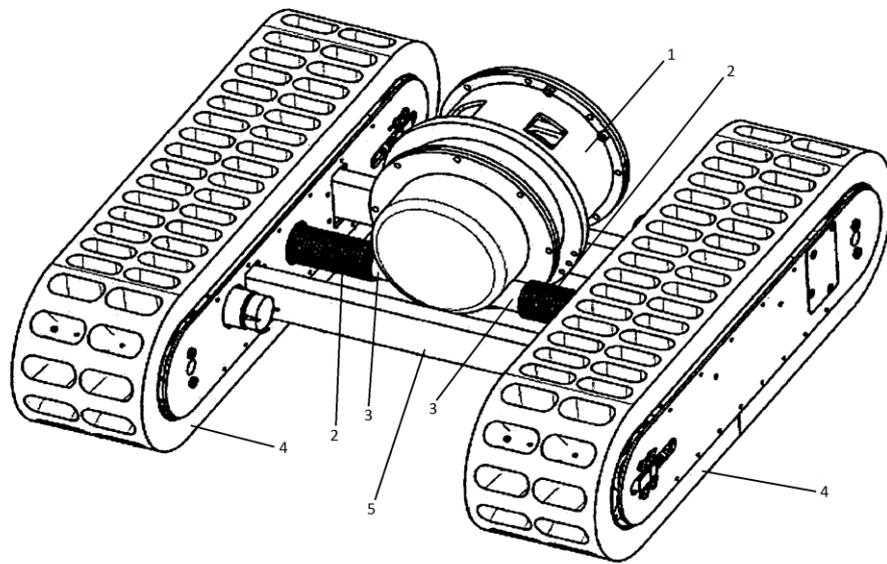


РИС.2

---

Рис.2. Схема гусеничной системы: 1-блок всасывания; 2-гибкие трубопроводы; 3-соединители; 4-гусеничные блоки; 5-балка основной рамы.

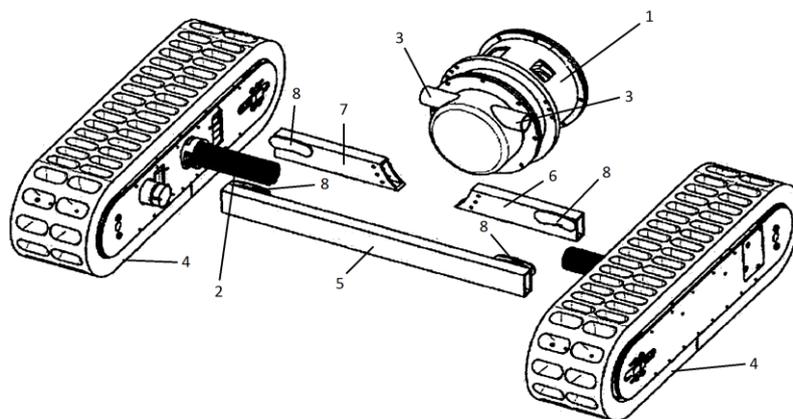


РИС.3

Рис.3. Схема гусеничной системы в разобранном состоянии: 1-блок всасывания; 2-гибкий трубопровод; 3-соединители; 4-гусеничные блоки; 5- балка основной рамы; 6-балка основной рамы; 7-балка основной рамы; 8-изогнутые выступы.

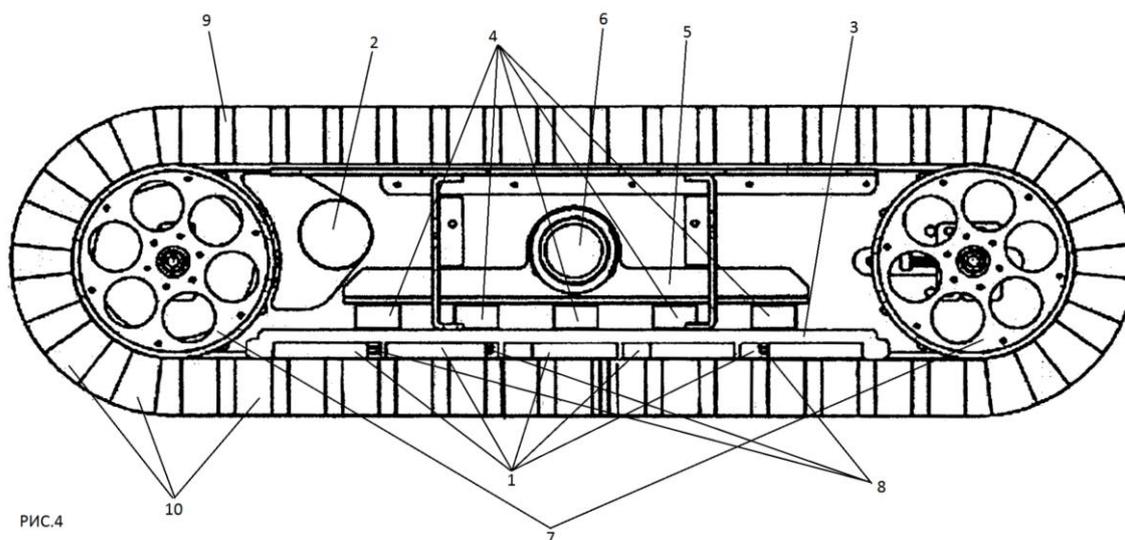


Рис.4. Схема гусеничного блока. 1-камеры вакуумного действия; 2-приводной электродвигатель; 3-коробка распределения вакуума; 4-вакуумные клапаны; 5-вакуумный коллектор; 6-гибкий трубопровод; 7-шкивы; 8-выходные отверстия; 9-внешняя лента; 10-места с отверстиями.

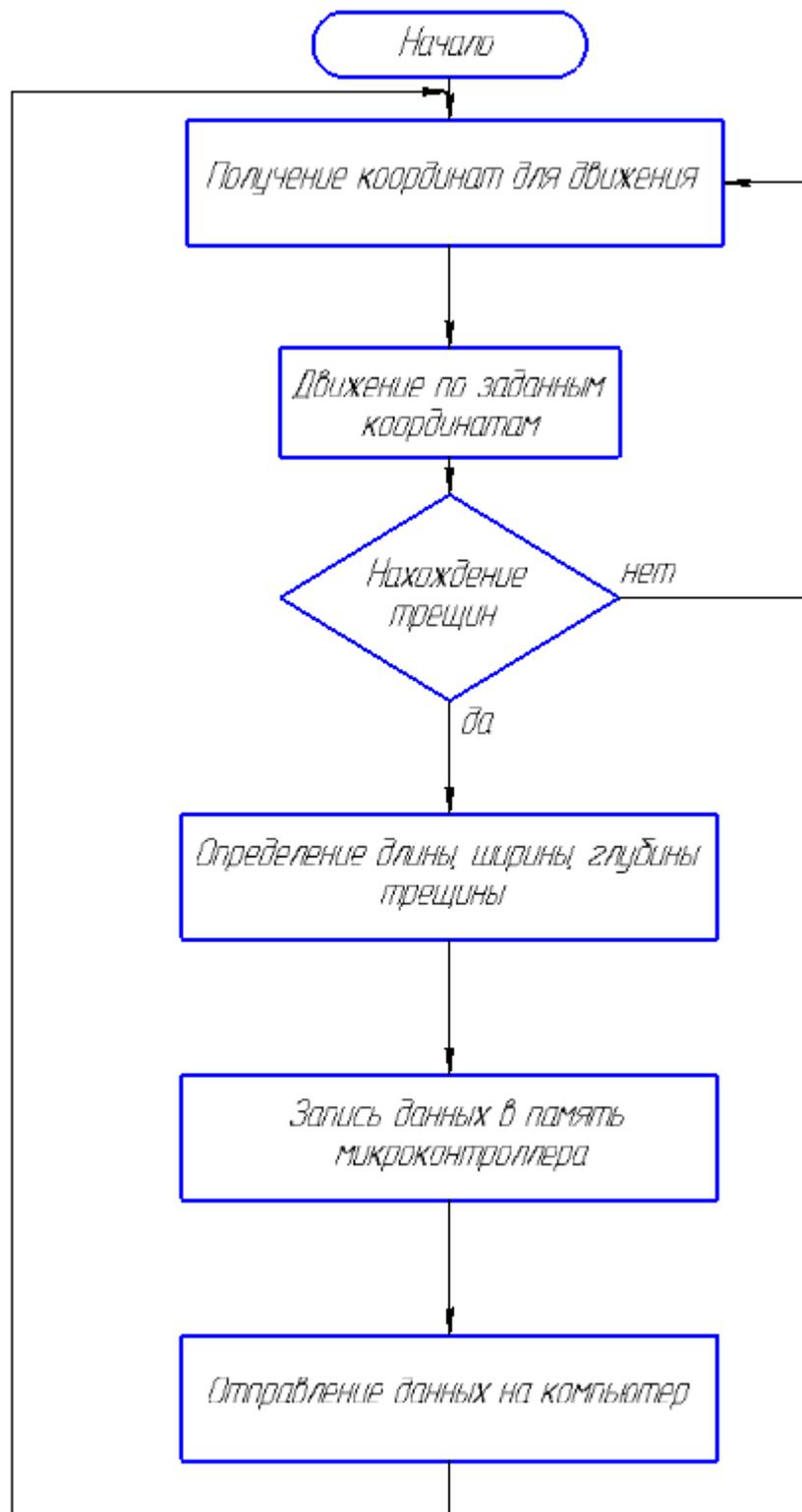
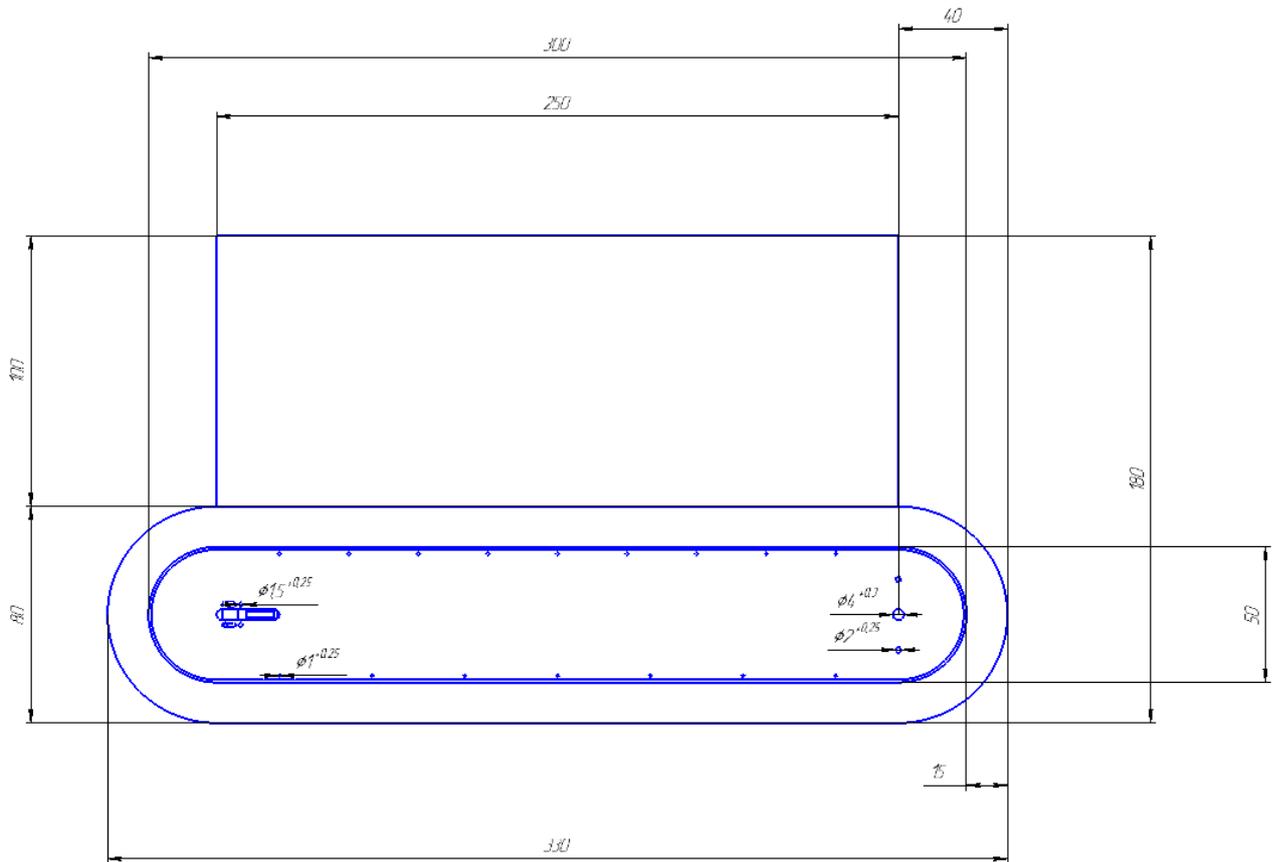
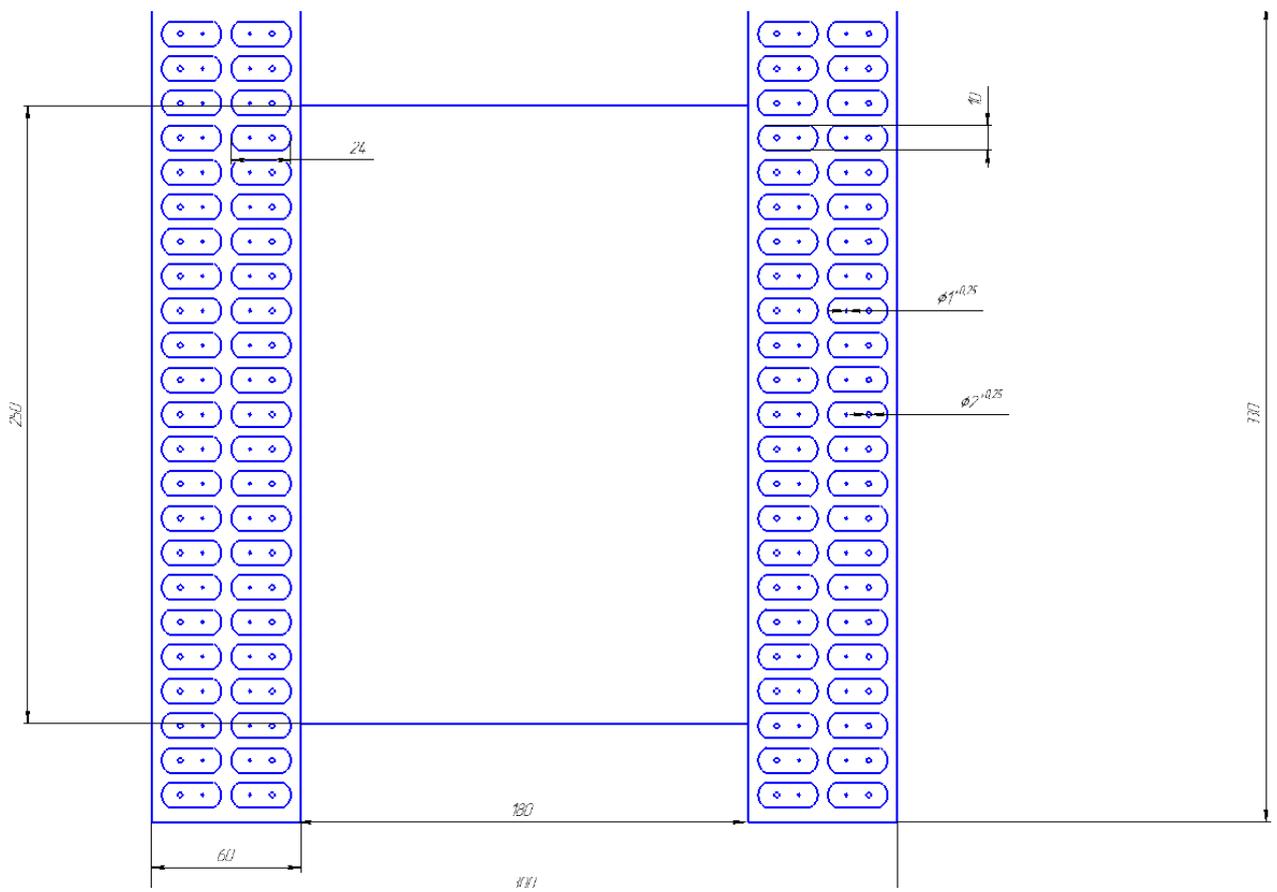


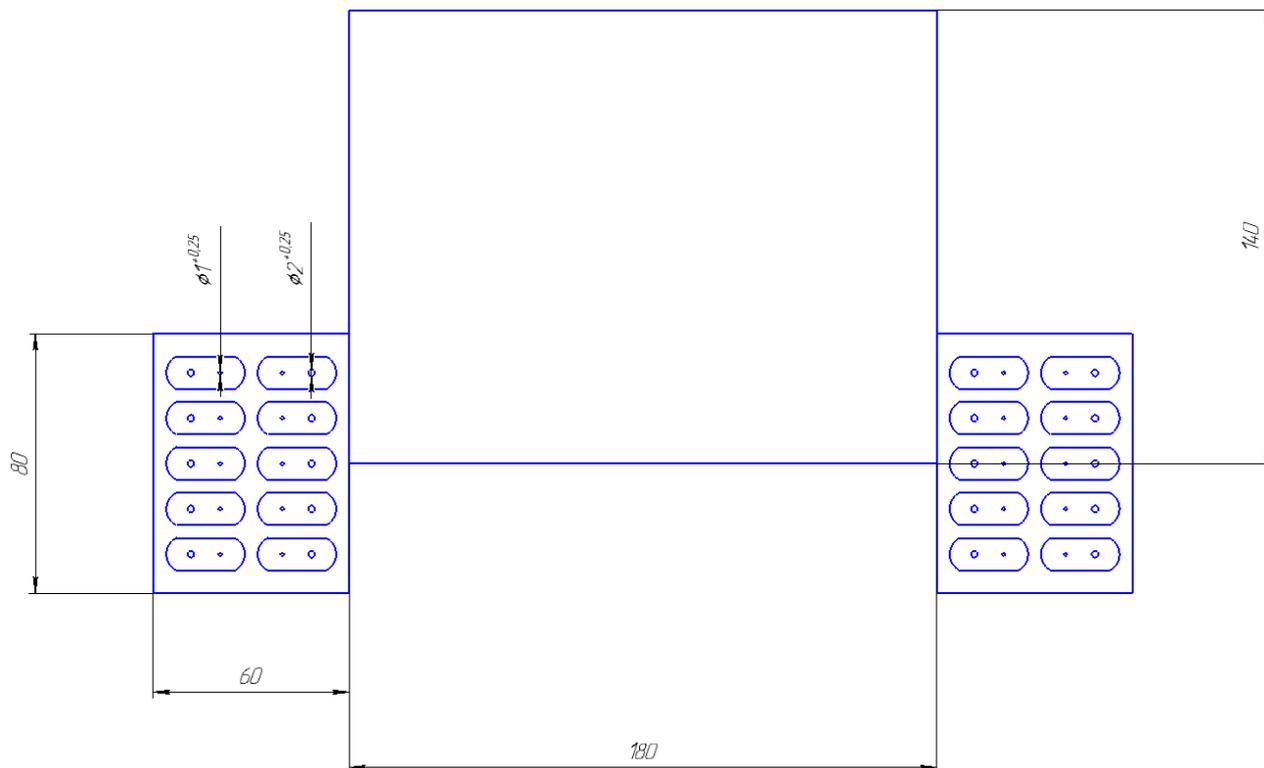
Рис.5. Алгоритм действий



Чертеж 1. Вид сбоку



Чертеж 2. Вид сверху



Чертеж 3. Вид спереди

Вид движения	Гусеничный	Антропоморфный	Со скользящим уплотнением
Способ фиксации	Вакуумный	Вакуумный	Вакуумный
Возможность автономного управления	Есть	Есть	Есть
Мощность приводов	1,8 кВт	1,8 кВт	0,3 кВт
Максимальная полезная нагрузка	30 кгс	10 кгс	20 кгс

Таблица 1. Характеристики ТРВП с различными видами движения.

	УСД-50 IPS	УСД-60
Зондирующий импульс	радиоимпульс амплитудой 50, 100, 150, 200 В.	радиоимпульс, амплитудой 50 или 200 В.

Максимальная ширина диагностируемого материала	До 6 метров	До 6 метров.
Аккумулятор	Li-ion 10.8В, 5000 мА/ч	Li-ion 8 А/ч
Время работы	10 часов	6-8 часов
Масса	1,5 кг	4 кг

Таблица 2. Характеристики ультразвуковых дефектоскопов.

•

•

•

•

•

## ***. Умная теплица для марсианской базы***

**Автор:** Сорокин Дмитрий Сергеевич, МБОУ «СОШ № 20» ,  
г. Новомосковск, 11 «А»

**Научный руководитель:** Николаева Наталья Викторовна, педагог  
дополнительного образования МБУ ДО «ДДЮТ»

г. Новомосковск

2019 г.

## Оглавление

<a href="#">Введение</a> .....	79
<a href="#">Описание</a> .....	79
<a href="#">Аэропоника</a> .....	80
<a href="#">Влажность воздуха</a> .....	81
<a href="#">Температура воздуха и проветривание</a> .....	82
<a href="#">Углекислый газ в воздухе</a> .....	83
<a href="#">Освещение теплицы</a> .....	83
<a href="#">Выводы</a> .....	85
<a href="#">Источники информации</a> .....	85
<a href="#">Приложения</a> .....	86

### • Введение

Построение напланетных баз связано с большим количеством вопросов, требующих серьезных решений. Один из них – обеспечение колонистов кислородом, витаминным питанием, создание зоны психологического комфорта. Часть этих задач может выполнить оранжерея или небольшая теплица для выращивания растений.

Цель: целью моей работы является создание умной площадки по выращиванию растений для питания космонавта (салат) на марсианской базе.

Задачи:

1. определить необходимые параметры для эффективной работы умной площадки по выращиванию растений;
2. разработать алгоритм автоматизированного процесса поддержания необходимого освещения, содержания CO<sub>2</sub>, влажности и температуры в помещении.

•

### • Описание

Умная площадка предназначена для обеспечения оптимального микроклимата для роста и развития растений. Это могут быть и большие промышленные сооружения, и небольшое место на подоконнике для выращивания любимого цветка. Но даже за самой крохотной теплицей на подоконнике нужен уход: осуществление полива, поддержание нужной температуры, уровня освещенности и т.п.

Для создания умной теплицы необходимо рассмотреть все вопросы, связанные с выращиванием и поддержанием жизнеспособности растений. При создании такой площадки на марсианской базе важно обеспечить ее автономную работу для устранения дополнительных сложностей обслуживающего персонала. Тогда в обязанности колонистов будет входить только

мониторинг работы умной площадки. Данные мониторинга могут выводиться на дисплей компьютера, с помощью светодиодов оповещать о критических значениях климатических параметров.

Необходимо реализовать возможность автономного управления теплицей – осуществлять полив, обогрев, вентиляцию растений, регулировать их освещенность.

Оптимальным вариантом марсианской теплицы может стать аэропонный метод выращивания растений.

#### • **Аэропоника**

Аэропоника – это процесс выращивания растений в воздушной среде без использования почвы, при котором питательные вещества к корням растений доставляются в виде аэрозоля. В отличие от гидропоники, которая использует в качестве субстрата воду, насыщенную необходимыми минералами и питательными веществами для поддержания роста растений, аэропонный способ выращивания растений не предполагает использование почвенного субстрата.

Основной принцип аэропонного выращивания растений — это распыление аэрозолем в закрытых или полужакрытых средах питательного, богатого минеральными веществами, водного раствора. Само растение закрепляется опорной системой, а корни просто висят в воздухе, орошаемые питательным раствором. Смесь подается к корням непрерывно или через короткие промежутки времени так, чтобы корни не успевали высохнуть. Листья и ствол растения изолированы от зоны распыления. При таком подходе среда остаётся свободной от вредителей и болезней, связанных с почвой, а значит растения могут расти здоровыми и быстрее, чем растения, выращенные в почве. Использование аэропоники позволяет создавать полностью автоматические системы выращивания растений, которые значительно проще систем с использованием субстрата.

Почему аэропоника, а не гидропоника или почвенное питание?

В 1997 г. на борту МКС был проведен эксперимент по беспочвенному выращиванию растений методом той же аэропоники, который, кстати, отличается от гидропоники низкой потребностью в воде, доставлять которую в космос — дело накладное. В перспективе такие «грядки» могут обеспечить космонавтов не только пищей, но и кислородом. Возможно, с их помощью можно будет очищать воду до состояния питьевой, а часть выращенной биомассы будет использоваться для получения топлива.

Аэропоника (воздушная культура) – технология выращивания растений на питательном растворе без использования субстратов. Растения находятся в подвешенном состоянии, и с определенным интервалом времени в свободно свисающие корни растений впрыскивается питательный раствор. Интервал задается исходя из времени поглощения и испарения питательного раствора (корни не должны высыхать). Для этого в сосуде, где находятся корни,

помещается туманообразующий распылитель, с помощью которого несколько раз в сутки по 2-3 минуты корням подается питательный раствор в виде мельчайших капель.

При аэропонном выращивании особенно важно позаботиться о поддержании повышенной влажности воздуха в пространстве, окружающем корни, чтобы они не засохли, но при этом обеспечить доступ воздуха к ним.

Корни при воздушной культуре можно увлажнять следующими двумя способами:

1. Опрыскивание корней мелко распыленным питательным раствором. Для этого в емкостях устанавливают специальные распылители. Распыление необходимо проводить 1 раз в сутки в течение 2-3 минут.

2. Периодическое подтопление снизу или же постоянное присутствие питательного раствора в нижней части емкости. В последнем случае часть корней должна находиться во влажном воздухе, чтобы обеспечивать к ним доступ кислорода, а кончики корней — в растворе.

•

#### • **Влажность воздуха**

Для увлажнения воздуха в теплице используют увлажнители и датчики влажности, это могут быть ультразвуковые увлажнители или распылители высокого давления. Для ультразвуковых увлажнителей надо использовать фильтры обратного осмоса, т.к. пьезоэлемент быстро придет в негодность от солей и других налетов. Но и форсунки распылителя высокого давления так же засоряются, поэтому нужен фильтр тонкой очистки.

Для ультразвукового увлажнения стоит учесть один факт: при ультразвуковом увлажнении температура пара почти 40 градусов, т.е. при увлажнении немного поднимется общая температура в теплице. Но ультразвуковые увлажнители это эконом-вариант, лучше использовать насос высокого давления и специальные распыляющие форсунки.

Датчики и оборудование: гигрометр, насос высокого давления

Гигрометр — измерительный прибор, предназначенный для определения влажности воздуха.

Насос высокого давления – насос, подающий жидкость под высоким давлением.

Для максимальной продуктивности необходимо поддерживать потребную влажность, у каждого растения она своя, например, у салата это 60%-80%.

$[\varphi_1; \varphi_2]$  – интервал влажности растения (нужная влажность для максимальной продуктивности),

$\varphi$  – влажность воздуха в момент измерений.

#### **Алгоритм для контроля влажности воздуха:**

1. Гигрометр определяет влажность
2. Если  $\varphi$  на гигрометре принадлежит интервалу  $[\varphi_1; \varphi_2]$  данного растения, то переход в п.1, если нет то переход в п.3
3. Если  $\varphi < \varphi_1$ , то переход в п.4, если нет, то в п.7.

4. Пока  $\varphi$  меньше  $\varphi_1$  п.5, если больше то п.6.
5. Включить насос высокого давления
6. Выключить насос высокого давления
7. В п.1
8. Пока  $\varphi > \varphi_2$  п.9, если больше то п.10.
9. Включить вентиляцию
10. Выключить вентиляцию
11. В п.1.

(См. Приложение I)

#### • Температура воздуха и проветривание

Существует виды растений по отношению к температуре: теплолюбивые, холоднолюбивые.

Для экономии энергии, которая отводится на поддержание условий среды растения, я выбрал холоднолюбивое растение – салат.

Увеличение температуры воздуха может способствовать более активному росту плодов и их созреванию. Если температура в нижних пределах, то это способствует росту побегов и корней – для продолжительного плодоношения.

Самое простой способ понизить температуру в теплице – проветривание. Для проветривания используются "актуаторы", которые открывают вентиляционные каналы при повышении температуры. Эти каналы могут быть соединены с жилыми или рабочими помещениями базы, что будет способствовать увлажнению их атмосферы и обогащению кислородом. При этом обратный поток будет осуществлять вентиляцию жилых и рабочих помещений и перекачивание охлажденного воздуха из переходных отсеков, что понизит температуру в теплице и повысит уровень углекислого газа, выработанного человеком, для более быстрого произрастания растений.

Повышение температуры в теплице будет осуществляться за счет электрических нагревателей, работающих на энергии от солнечных батарей, установленных на внешней поверхности теплицы. У каждого растения есть свой температурный режим, который надо поддерживать, например, у салата это 18-20°C днем и не менее 10°C ночью.

#### Алгоритм для контроля температуры воздуха:

$[T_1; T_2]$  – интервал температуры растения (нужная температура для максимальной продуктивности),

$T$  – температура воздуха в момент измерений.

1. Термометр определяет  $T$
2. Если  $T$  принадлежит интервалу  $[T_1; T_2]$  данного растения, то переход в п.1, если нет то переход в п.3
3. Если  $T < T_1$ , то переход в п.4, если нет, то в п.7.

4. Пока  $T < T_1$  п.5 , если больше то п.6.
5. Включить нагреватели
6. Выключить нагреватели
7. В п.1
8. Пока  $T > T_2$  п.9 , если меньше то п.10.
9. Включить вентиляцию
10. Выключить вентиляцию
11. В п.1.

(См. Приложение II)

#### • Углекислый газ в воздухе

Концентрация  $\text{CO}_2$  в воздухе при нормальных условиях составляет 0,03% от общего объема. При повышении содержания диоксида углерода в помещении до 0,2-0,6% существенно ускоряется процесс фотосинтеза, что сокращает сроки созревания растений на 7-12 дней и увеличивает урожайность в среднем на 15%. Однако, нужно учитывать, что в условиях слишком высокой концентрации данного газа ( $> 0,6\%$ ) рост культуры может замедляться. Поэтому при использовании подобной технологии в тепличных помещениях важно соблюдать баланс.

#### Алгоритм для контроля процента углекислого газа

$[\varphi'_1, \varphi'_2]$  – интервал процентного соотношения углекислого газа в воздухе (нужное содержание  $\text{CO}_2$  для эффективного роста растений),

$\varphi'$  – процентное содержание  $\text{CO}_2$  в воздухе в момент измерений.

1. Датчик  $\text{CO}_2$  определяет  $\varphi'$
2. Если  $\varphi'$  принадлежит интервалу  $[\varphi'_1, \varphi'_2]$  данного растения, то переход в п.1, если нет то переход в п.3
3. Если  $\varphi' < \varphi'_1$ , то переход в п.4, если нет, то в п.7.
4. Пока  $\varphi' < \varphi'_1$  п.5 , если больше то п.6.
5. Включить выпускание  $\text{CO}_2$  через баллон с этим газом
6. В п.1
7. Пока  $\varphi$  больше  $\varphi_2$  п.9 , если меньше то п.10.
8. Включить вентиляцию (открыть вентиляционные каналы)
9. Выключить вентиляцию (закрыть вентиляционные каналы)
10. В п.1.

(См. Приложение III)

#### • Освещение теплицы

Потребность в свете у каждой культуры разная. Она изменяется в течение жизни растения. Все огородные посадки светолюбивы, какие-то больше, какие-то меньше.

Важно отследить необходимый режим освещенности для отдельных групп растений, что позволит локализовать растения со сходным режимом. Датчики освещенности программируются в зависимости от потребности отдельной локации. Программируемая освещенность позволит значительно сократить энергопотребление.

У культур есть такая характеристика, как фотопериодичность. Суть ее в том, что для перехода к цветению и образованию плодов им нужна определенная продолжительность светлого времени суток. «Растениям длинного дня» для перехода к цветению нужно, чтобы свет был более двенадцати часов в сутки, «растениям короткого дня» – менее двенадцати. Есть нейтральные.

Так, например, у салата желательная продолжительность дневного периода это 12-14 часов.

Рассмотрим различные виды ламп, подходящих под виды спектров излучений, их плюсы и минусы.

### **Какие лампы выбрать?**

#### **Энергосберегающие люминесцентные**

Легки в применении, так как вкручиваются в обычный патрон, не нуждаются в дополнительном оборудовании, как люминесцентные, стоят вполне приемлемо. Для владельцев небольших тепличек они подходят, пожалуй, больше, чем другие.

#### **Металлогалогенные (МГЛ, ДРИ)**

Считаются практически идеальными для теплиц по световому спектру, но стоят очень дорого, при этом недолговечны, причем срок службы сильно зависит от частоты включения.

#### **Светодиодные**

Привлекательно то, что светодиоды потребляют мало электроэнергии, могут освещать (на выбор) синим, красным или комбинированным светом. Разрабатывается новинка – белые светодиоды, которые смогут перекрыть весь солнечный спектр. Когда это случится, растения можно будет выращивать полностью на искусственном освещении. Освещение светодиодами экологично, безопасно. На светодиодные лампы возлагают большие надежды, проводятся различные эксперименты. Лампы дают много света и при низком напряжении, производятся под все существующие типы цоколей. Можно купить уже готовые светодиодные светильники, состоящие из лампы в изготовленном специально для нее корпусе и драйвера. Срок службы светильника 3000-5000 часов, после чего его заменяют целиком. Единственный недостаток — высокая стоимость.

Светодиодные лампы подходят нам больше всего, т.к. у них долгий срок службы, т.е. их придется реже менять, они потребляют мало энергии, и работают во всех нужных нам спектрах.

Режим освещения теплицы для салата стандартный – 12 часов освещения чередуются с 12-часовым отключением света в одно и то же время. Постоянно поддерживается 8000 Лм.

## • Выводы

В работе рассмотрены необходимые параметры для эффективной работы умной теплицы: освещение, температура, влажность и содержание углекислого газа в атмосфере.

Разработаны алгоритмы контроля каждого из параметров с учетом необходимых требований для выращивания салата.

Разработан общий алгоритм работы умной площадки по выращиванию растений на напланетной базе.

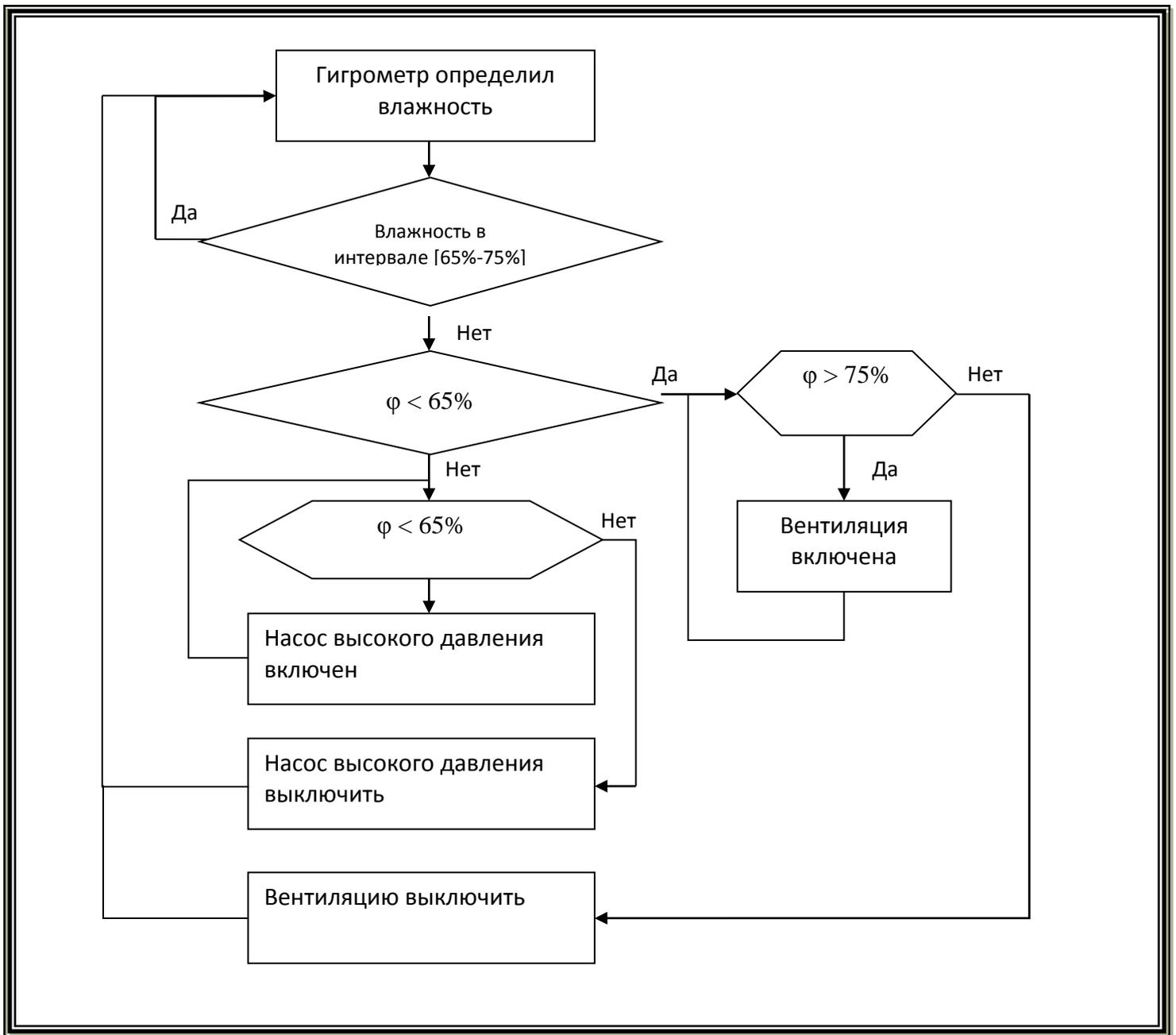
## • Источники информации

1. <http://www.bibliotekar.ru/7-ovoschi/22.htm>
2. <http://away.vk.com/away.php>
3. <http://teplicnik.ru/obustrojstvo/optimalnoe-osveshhenie-teplic.html>
4. <https://www.floralworld.ru/gidroponica/aeroponica.html>
5. [http://bio.1september.ru/view\\_article.php?ID=200103806](http://bio.1september.ru/view_article.php?ID=200103806)
6. Аэропоника в теплицах [Текст] / И. Г. Мураш, канд. с.-х. наук. - Москва: Московский рабочий, 1964. - 96 с. : ил.; 17 см. - (Ученые предлагают).
7. Выращивание растений без почвы / В.А.Чесноков, Е.Н.Базырина, Т.М.Бушуева и Н.Л.Ильинская — Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1960. — 170 с.

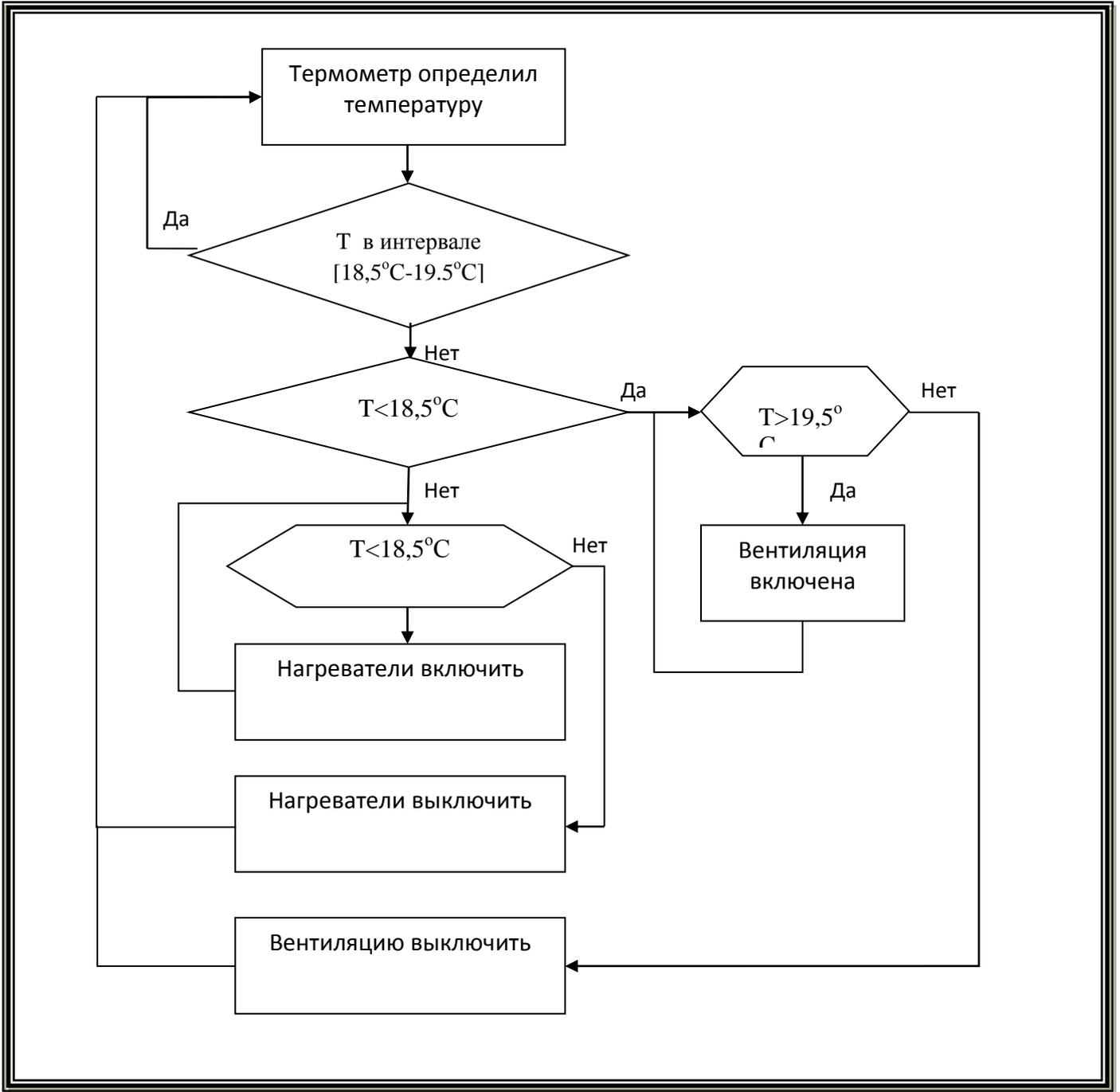
- 
- 
- 
-

• Приложения

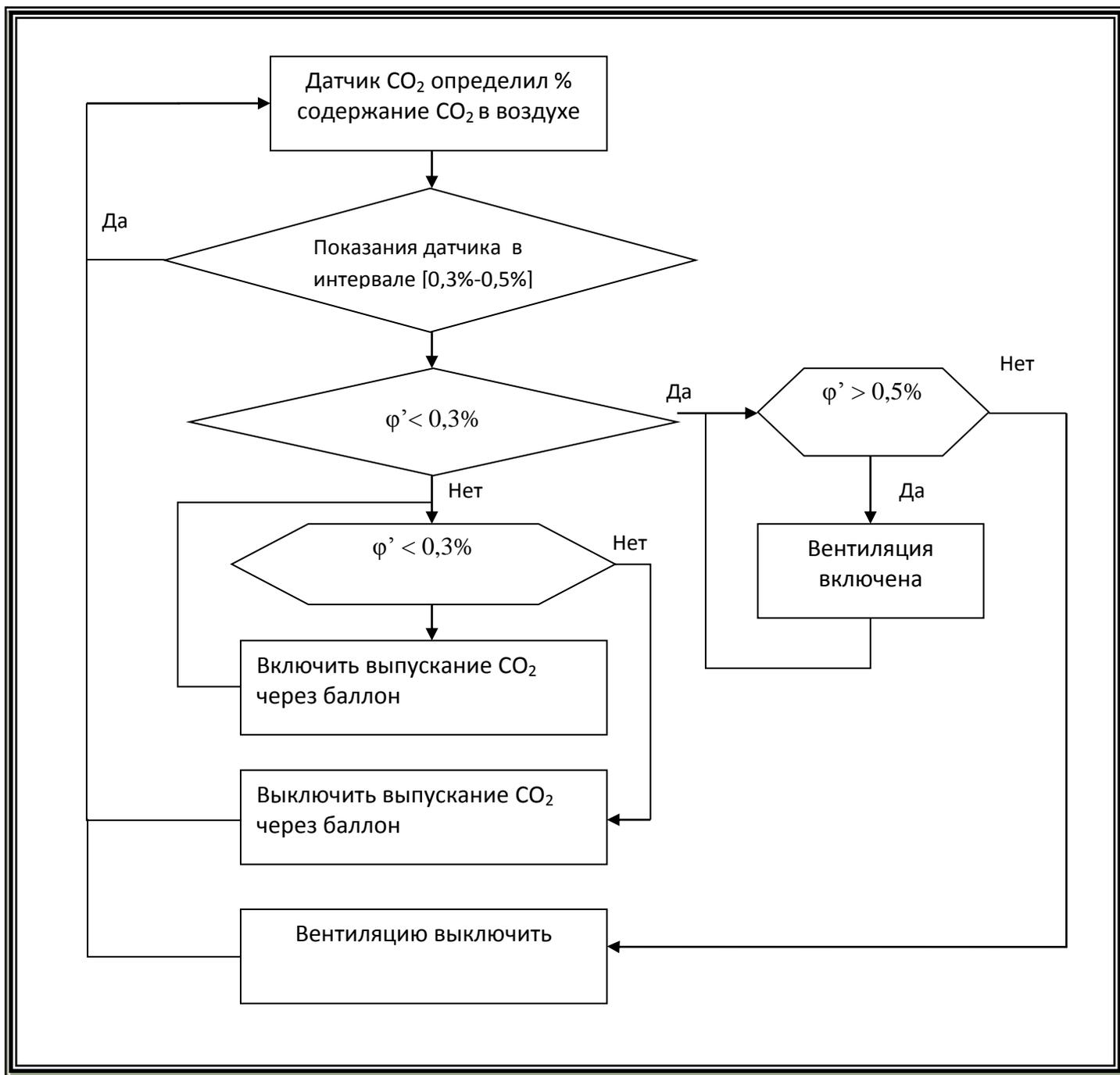
Приложение I. Алгоритм для контроля влажности воздуха.



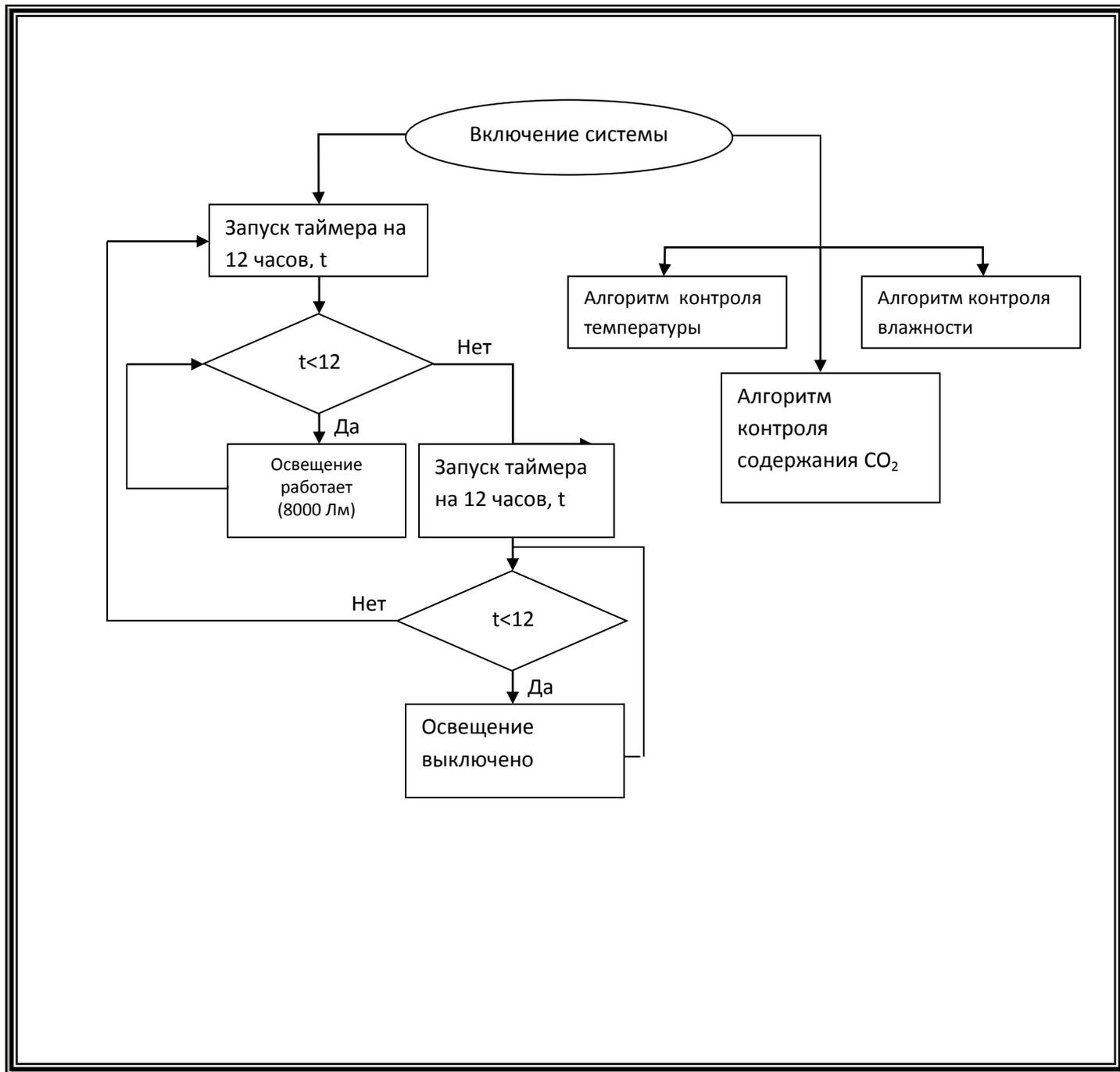
Приложение II. Алгоритм для контроля температуры воздуха.



Приложение III. Алгоритм для контроля углекислого газа



Приложение IV. Общий алгоритм



# **Эффективность использования электрического паруса**

**Автор:** Крутских Анна Андреевна, МБОУ «СОШ № 25»  
г. Новомосковск Тульской области, 10 а класс

**Научные руководители:**  
Николаева Наталья Викторовна, педагог дополнительного образования  
МБУ ДО «ДДЮТ», г. Новомосковск Тульской области

г. Новомосковск  
2019 г.

## Оглавление

<a href="#">Аннотация</a> .....	92
<a href="#">Введение</a> .....	92
<a href="#">Что такое электрический парус?</a> .....	93
<a href="#">Возможности паруса. Его достоинства и недостатки</a> .....	94
<a href="#">Существующие аналоги</a> .....	6
<a href="#">Перемещение существующих космических аппаратов</a> .....	7
<a href="#">Выводы</a> .....	9
<a href="#">Источники информации</a> .....	99

- Аннотация

Тема полета к другим планетам достаточно актуальна в настоящее время. Ученые прилагают множество усилий, чтобы создать аппарат, способный за небольшой отрезок времени преодолеть расстояние до ближайших космических тел.

Данная работа посвящена изучению возможности использования электрического паруса для подобных целей. Аппарат на двигателе, оснащенный электрическим парусом, является новинкой в области космонавтики. В работе проведено исследование концепции паруса, выявлены его недостатки и преимущества, рассчитана эффективность паруса для перемещения в межпланетном пространстве космических аппаратов различной массы. Рассчитана скорость перемещения для малых спутников, пилотируемых космических кораблей и автоматических станций.

Работа включает в себя 11 страниц, 2 изображения.

Цель работы: выяснить, насколько эффективным является электрический парус в полете на дальние расстояния.

Задачи:

- изучить концепцию электрического паруса;
- выявить положительные и отрицательные стороны использования данного вида двигателя;
- изучить имеющиеся аналоги электрического паруса;
- рассчитать скорость двигателя с электрическим парусом при перемещении различных космических аппаратов.

•

- Введение

С незапамятных времен человеческий взор всегда был обращен к небесам, в Космос. Именно там поколения людей старались найти ответы на многие вопросы, предсказывали будущее или искали разумные цивилизации. С течением тысячелетий интерес человека к космосу не угас, а еще больше усилился, благодаря развитию науки и техники. Многие считают, что в будущем космос является для человечества единственным спасением, когда на планете не останется никаких условий для существования.

С целью изучения космоса в XX веке началась разработка космических аппаратов. Появились первые двигатели, способные преодолеть притяжение земли и выйти за пределы околоземной орбиты.

В наше время идет активное развитие имеющихся технологий. Возможности человека в космосе возросли в несколько раз.

К сожалению, в настоящий момент двигатели, используемые для освоения космоса, не могут развить достаточную скорость, чтобы в кратчайшие сроки достичь других планет. В связи с этим человечество работает над созданием новых, более мощных способов передвижения в космическом пространстве. Одной из таких новинок стал электрический парус.

- Что такое электрический парус?

Электрический парус – вид движителя для космического аппарата, использующий в качестве источника тяги импульс ионов солнечного ветра. Как и солнечный парус, электрический парус использует давление солнечного ветра, но не фотонов, а протонов.

Электрический парус состоит из ряда длинных и тонких тросов, которые имеют высокий положительный заряд, и бортовой электронной пушки. Электронная пушка создает луч электронов, направленный против движения космического корабля, из-за чего тросы приобретают положительный заряд. Положительно заряженные тросы отталкивают ионы солнечного ветра, что, в свою очередь, приводит к передаче импульса от ионов к парусу и разгону корабля. (Рис.1)

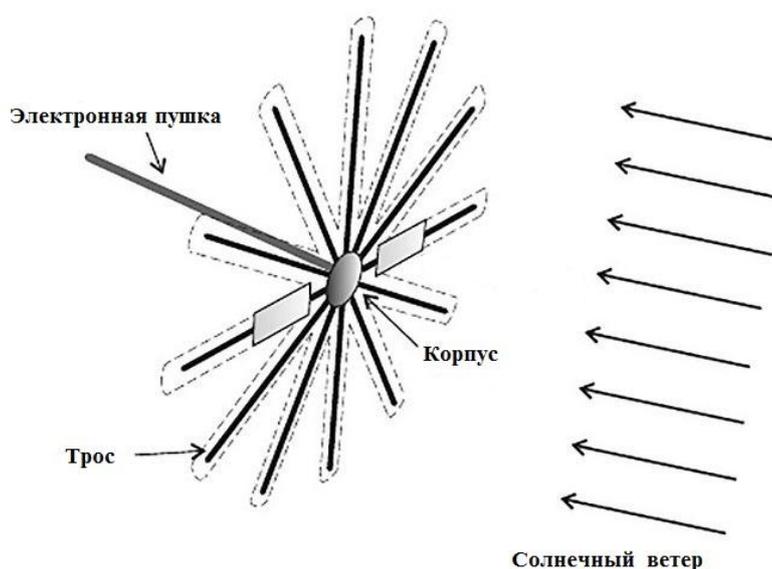


Рисунок 1. Устройство электрического паруса

Электрическое поле достаточной напряженности будет простирается от лучей паруса в пространство на расстояние 100 метров. Заряженные частицы плазмы солнечного ветра, летящие с огромной скоростью, будут сталкиваться с электрическим полем паруса, отталкиваясь от него, как два магнита, развернутые друг к другу одинаковыми полюсами.

Это взаимодействие создаст импульс силы, который будет разгонять космический корабль. На космическом корабле будет установлен источник электрической энергии с высоким выходным напряжением и электронная пушка, с помощью которой на лучах паруса будет создаваться и поддерживаться положительный электрический потенциал. Развернутые лучи паруса будут удерживаться расправленными в космосе за счет центробежных сил, создаваемых вращением всей конструкции вокруг своей оси.

- Возможности паруса. Его достоинства и недостатки

Если верить расчётам ученых, электрический парус будет продолжать разгоняться на расстоянии 16-20 или даже 30 а.е. от Солнца. К этому моменту он достигнет очень высокой скорости. К примеру, расстояние примерно в 100 а.е. до гелиопаузы он преодолет менее чем за 9,9 года с разгоном от Юпитера или за 11 лет без разгона, втрое быстрее «Вояджера-1» и вдвое быстрее аппарата на солнечном парусе.

Главное преимущество подобного паруса в возможности двигаться по направлению к источнику направленных частиц (а не только от него). Кроме того, такой парус проще в производстве и удобнее в эксплуатации: длинный тонкий ус развернуть куда легче, чем натягивать сплошное полотно. Очевидно также, что он куда меньше боится постороннего космического мусора. Но вот сила разгона будет раз в 200 меньше чем у солнечного паруса аналогичной площади.

Важнейшим недостатком паруса является то, что при посадке на другую планету он будет одноразовым — после вхождения в атмосферу на высокой скорости, аппарат на электрическом парусе будет уничтожен.

Тяга такого движителя невысока: около 10 миллиньютонов, но за год она способна разогнать корабль массой 1000 кг до скорости 30 км/с. Кроме того, электрический парус может перемещать и более тяжелые грузы при обычной скорости 5-10 км/с. При этом не понадобится выводить в космос тяжелые баки с горючим.

Корабль с электрическим парусом потребует лишь минимального источника энергии на борту. Она будет нужна лишь для того, чтобы поддерживать в парусах-проводах постоянный ток, а также для работы бортовых систем и средств связи.

Для электрического паруса постоянного значения  $\Delta V$  не существует, но типичные значения для осуществленных миссий составляют 2-4 а.е./год. Для ряда задач, например, для достижения целей на границах Солнечной системы, такие значения  $\Delta V$  недостаточны. Хотя за счет снижения относительной массы полезного груза до минимума значения  $\Delta V$  могут быть несколько увеличены.

- Существующие аналоги

Одним из аналогов паруса является HERTS. Космический аппарат с электрическим парусом, по некоторым расчетам, может двигаться в 5-10 раз быстрее, чем самый передовой транспорт, построенный нами до сих пор, «Вояджер-1» со своими 17,1 км/с.

Если аппарату "Вояджер-1" потребовалось три десятка лет, чтобы долететь до границы Солнечной системы, то зонд с электронным парусом должен пройти путь от Солнца до начала гелиопаузы менее чем за десять лет. К слову, это расстояние составляет около 18 млрд км.

HERTS представляет собой массив из одного или двух десятков тонких заряженных алюминиевых проводов суммарной длиной около 20 километров. Его работа основана на электростатическом отталкивании космического аппарата от заряженных частиц. При развёртывании такого паруса в космосе с помощью центробежной силы провода будут охватывать площадь в 219 футбольных полей. Ускорение, которое HERTS получит от солнечного ветра, связано с отталкиванием заряженного паруса от протонов, летящих от Солнца со скоростью от 400 до 750 километров в секунду.

Уменьшенную копию аппарата начали испытывать внутри регулируемой плазменной камеры HISET, где моделируется вакуумно-плазменная среда, приближенная к условиям межпланетного пространства. Результаты испытаний пригодятся для совершенствования всей механики и электроники при конструировании полноразмерной модели. Измеряться будет количество столкновений положительно заряженных электронов и протонов, процент отброшенных протонов, а также объем электронов, которые поглощаются проволокой. Последний показатель особенно важен, так как E-Sail представляет собой систему закрытого типа, которая будет продвигаться в вакуумном пространстве. И если в ней накопится слишком большой заряд статического электричества, парус просто потеряет свою функциональность. Контролировать уровень заряда должна электронно-лучевая пушка, которая будет выбрасывать "лишние" электроны в пространство.

Второй аналог – парус ESTCube-1, который более полутора лет находился на околоземной орбите (Рис. 2)

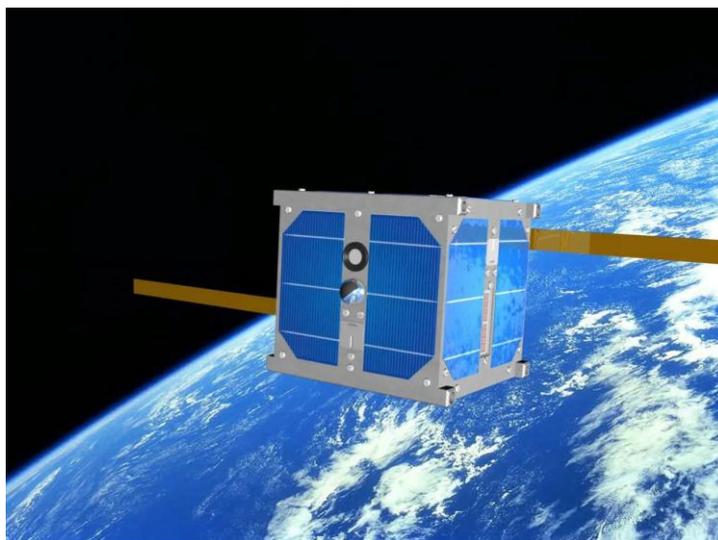


Рисунок 2. ESTCube-1

Эстонский мини-спутник весом 1,3 килограмма был разработан и изготовлен эстонскими студентами и преподавателями Тартуского университета. Он был запущен на орбиту 7 мая 2013 года. Все это время ESTCube-1 летал на высоте 660 километров от поверхности Земли со скоростью 7,46 километра в секунду.

Причиной завершения работы спутника стал износ аккумуляторов. «После отключения электросистем спутник останется в космосе еще примерно на 23 года, пока не опустится в атмосферу Земли, где и сгорит», — сообщил руководитель проекта.

Тросы, выпускаемые спутником, сделаны из алюминия и имеют длину 15 метров.

- Перемещение существующих космических аппаратов

Для выяснения эффективности использования электрического паруса, необходимо сравнить его с уже имеющимися двигателями.

Первым аппаратом, данные которого сравнивались с расчетами электрического паруса, стала межпланетная станция «Луна-17», которая достигла поверхности Луны спустя 5 суток. Масса спускаемого аппарата равна 100 кг.

Известно, что за год аппарат с электрическим парусом массой 1000 кг набирает скорость 30 км/с, откуда:

$$F_{\text{тяги}} = a \times m$$

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = 0,00095057 \text{ м/с}^2$$

$$F_{\text{тяги}} = 0,95057 \text{ Н}$$

В данном случае  $F_{\text{тяги}}$  – постоянное значение.

Рассчитаем, какое расстояние пролетит аппарат той же массы с использованием электрического паруса.

Ускорение электрического паруса, переносящего данный аппарат, составило бы

$$a = \frac{F_{\text{тяги}}}{m_2} = 0,0095057 \text{ м/с}^2$$

Скорость аппарата была бы равна

$$V = at = 4106,4624 \text{ м/с}$$

Следовательно, расстояние, которое преодолел бы аппарат за данное время, составило бы

$$S = \frac{V^2}{2a} = 8,869958784 \times 10^8 \text{ м}$$

Путь, который преодолела «Луна-17», равен  $3,84399 \times 10^8 \text{ м}$ , что в 2,3 раза меньше расчетного. Следовательно, использование паруса в данном случае было бы более эффективным.

Сравним аппарат с электрическим парусом с космическим кораблем «Аполлон-12», который преодолел расстояние до Луны за 4 дня 14 часов 32 минуты 42 секунды.

Ускорение электрического паруса, переносящего «Аполлон-12» массой 43900 кг, составило бы

$$a = \frac{F_{\text{тяги}}}{m} = 2,16531 \times 10^{-5} \text{ м/с}^2$$

Скорость, которую космический корабль на электрическом парусе набрал бы за время, понадобившееся «Аполлону-12», чтобы достичь Луны, равна

$$V = at = 8,61712 \text{ м/с}$$

Следовательно, расстояние, которое преодолел аппарат на электрическом парусе за данный отрезок времени, равно

$$S = \frac{V^2}{2a} = 1,71465 \times 10^6 \text{ м}$$

Путь, проделанный космическим кораблем «Аполлон-12» составил  $3,84399 \times 10^8 \text{ м}$ , что значительно больше расчетного расстояния для электрического паруса.

Следовательно, электрический парус менее эффективен для перемещения аппаратов большой массы.

Третьим аппаратом, с которым было проведено сравнение, стал «Вояджер-2». За 12860 дней он преодолел расстояние 100 а.е.

Можно вычислить ускорение для аппарата «Вояджер-2» массой 720 кг.

$$a = \frac{F_{\text{тяги}}}{m_2} = 0,002705 \text{ м/с}^2$$

Ускорение действует на аппарат только до расстояния в  $30 \text{ а.е.} = 4,448 \times 10^{12} \text{ м}$ .  
Время, необходимое для преодоления данного пути с известным ускорением равно

$$t = \sqrt{\frac{2S}{a}} = 57604682,496 \text{ с}$$

Скорость, которую аппарат на электрическом парусе наберет спустя это время, равна

$$V = at = 155820,666 \text{ м/с}$$

Оставшееся время аппарат будет идти с постоянной скоростью  $V$ . Следовательно, расстояние, которое преодолеет аппарат на космическом парусе с этой скоростью, равно

$$S = Vt = 1,641569 \times 10^{14} \text{ м}$$

Таким образом, общий путь составит

$$S = 4,448 \times 10^{12} \text{ м} + 1,641569 \times 10^{14} \text{ м} = 1,686449 \times 10^{14}$$

Путь «Вояджера-2» составил  $100 \text{ а.е.}$  или  $1,496 \times 10^{13} \text{ м}$ . Данное расстояние гораздо меньше расчетного, которое мог бы проделать аппарат на электрическом парусе.

Таким образом, электрический парус может быть успешно использован для перемещения в космическом пространстве автоматических межпланетных станций и спутников.

#### Выводы

Использование электрического паруса может быть эффективным только для транспортировки малых спутников и автоматических станций, масса которых невысока. Для перемещения космических кораблей данный вид движителя не рационален.

Источники информации:

1. <https://ria.ru/science/20150217/1048198994.html>
2. <https://hi-news.ru/technology/koncept-elektricheskogo-parusa-poluchil-razvitie.html>
3. <https://news.rambler.ru/science/33337517-kosmicheskij-parus-nasa-rabotayuschiy-na-solnechnom-vetre/>
4. <https://www.innoros.ru/publications/interesting/16/solnechnyi-parus-finskogo-izobretatelya-prinyat-na-ispytaniya-v-nasa>
5. <https://habr.com/post/393001/>
6. <https://www.dailytechinfo.org/space/4430-razrabotana-tehnologiya-pozvolyayuschaya-razvernut-kosmicheskij-solnechnyy-elektricheskij-parus-radiusom-1-kilometr.html>
7. <http://www.freepatent.ru/patents/2451629>
8. <https://ru-universe.livejournal.com/959451.html>
9. [https://pikabu.ru/story/prostyim\\_yazyikom\\_o\\_kosmicheskikh\\_dvigatelyakh\\_5301568](https://pikabu.ru/story/prostyim_yazyikom_o_kosmicheskikh_dvigatelyakh_5301568)