

*Муниципальное бюджетное образовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа №2 им. Д.Е. Кравцова»
г. Брянска*

Создание компьютерной модели модуля с солнечным парусом для летательного аппарата

**Индивидуальный проект
Предметная область: ИНФОРМАТИКА, ФИЗИКА**

Автор работы:

Стефак Дмитрий
ученик 11а класса, МБОУ СОШ №2
г. Брянска

Руководители:

Хорина Елена Владимировна,
учитель географии МБОУ СОШ № 2;
г. Брянска
Казачкина Людмила Олеговна,
учитель физики МБОУ СОШ № 2;
г. Брянска

Брянск – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Глава 1. Солнечный парус.....

- 1.1. История идеи создания солнечного паруса
- 1.2. Теоретическое обоснование работы солнечного паруса
 - 1.2.1 Объяснение явления «давления света»
 - 1.2.2. Объяснение явления «отражения света»
 - 1.2.3. Принцип работы аккумулятора
 - 1.2.4. Электромагниты
 - 1.2.5. Устройство солнечной батареи

Глава 2: Авторская конструкция модуля с солнечным парусом

- 2.1. Схематичное представление модуля с солнечным парусом
- 2.2. Принцип работы авторского модуля с солнечным парусом
- 2.3. Возможности авторского модуля с солнечным парусом
- 2.4. Среда моделирования
- 2.5. Компьютерная модель

Выводы

Список используемой литературы

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность: Человека всегда интересовал космос. Постепенно, изучая его, мы добивались определенных успехов, поднимая уровень знаний о нем все выше и выше. Для освоения космоса начали требоваться новые технологии и приспособления.

Основной проблемой колонизации других планет является нехватка топлива. Как раз эту проблему и решает солнечный парус.

В отличие от уже имеющихся проектов использования солнечного паруса, мой проект даёт возможность совершенствования существующего космического аппарата с помощью крепления к нему модуля с солнечным парусом. Благодаря данной разработке, появляется возможность использовать солнечный парус в любых космических аппаратах для перемещения в пределах действия Солнечного ветра без использования топлива на огромные расстояния.

Объект исследования: Модуль с солнечным парусом.

Предмет исследования: материалы, особенности крепления, принцип функционирования модуля с солнечным парусом

Цель: Разработка авторской компьютерной модели модуля с солнечным парусом для космического летательного аппарата.

Задачи:

1. Изучение литературы о функционировании солнечного паруса.
2. Изучение имеющихся моделей.
3. Подбор оптимальной среды разработки для создания компьютерной модели.
4. Создание схематичного представления модуля.
5. Создание модели и построение физической симуляции в выбранной среде разработки на основе отрисованных чертежей.
6. Финальная обработка смоделированной симуляции.

Методы: анализ литературы, абстрагирование, аналогия, дедукция,

исторический метод, конкретизация, обобщение, описание, сравнение, компьютерное моделирование.

Гипотеза:

Возможно создать модель модуля с солнечным парусом, способного крепиться к космическому аппарату.

Глава 1. Солнечный парус

1.1. История идеи создания солнечного паруса

Истоки идеи солнечного паруса следует искать в работах знаменитого шотландского физика Джеймса Максвелла, который сформулировал электромагнитную теорию света и предсказал существование давления света.¹

Советский ученый Фридрих Цандер разработал первую в истории реальную конструкцию летательного аппарата на солнечном парусе.



Рис. 1.1. Солнечный парус. Конструкция Фридриха Артуровича Цандера

Он в 1924 году подал в Комиссию по изобретениям соответствующую

¹https://kartaslov.ru/%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD_%D0%A4%D0%BB%D0%B0%D0%B5%D1%80_%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%91%D1%82%D0%B0_%D0%9E%D1%82_%D0%BA%D1%80%D1%8B%D0%BB%D1%8C%D0%B5%D0%B2_%D0%98%D0%BA%D0%B0%D1%80%D0%B0_%D0%B4%D0%BE_%D0%BA%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D1%80%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82/4

заявку, но эксперты назвали ее слишком фантастической и отклонили.

В 1974 году инженерам удалось впервые «обуздать» солнечный ветер. Произошло это в рамках запуска американской автоматической межпланетной станции Маринер-10.

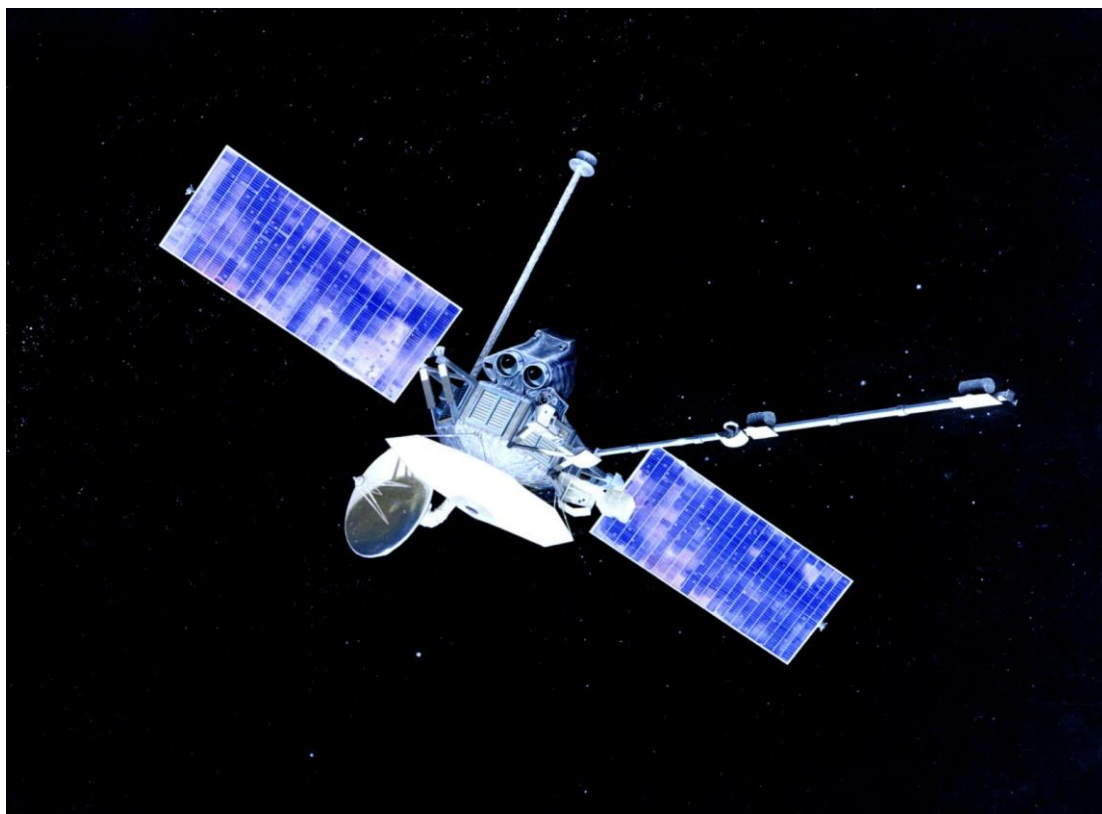


Рис. 1.2. Фото американской автоматической межпланетной станции Маринер-10

В качестве солнечного паруса выступили ее панели солнечных батарей. Их развернули под нужным углом к Солнцу, что позволило корректировать положение корабля в пространстве.²

Советскими учёными была изобретена схема радиационно-гравитационной стабилизации космического аппарата, основанная на применении солнечного паруса. Первое развёртывание солнечного паруса в космосе было произведено на российском корабле «Прогресс М - 15» 24 февраля 1993 года в рамках проекта «Знамя — 2» (см. в приложении). Запуск был удачным. Огромное сверкающее крутящееся «колесо» можно было

²https://stimul.online/articles/science-and-technology/regata-pod-solnechnym-parusom/?sphrase_id=4158

наблюдать с поверхности земли.³

Первый по-настоящему удачный запуск солнечного паруса состоялся в 2010 году в рамках японского проекта IKAROS. 21 мая 2010 года «Японское космическое агенство» (JAXA) запустило ракету-носитель H-IIA, на борту которой находились космический аппарат IKAROS с солнечным парусом.

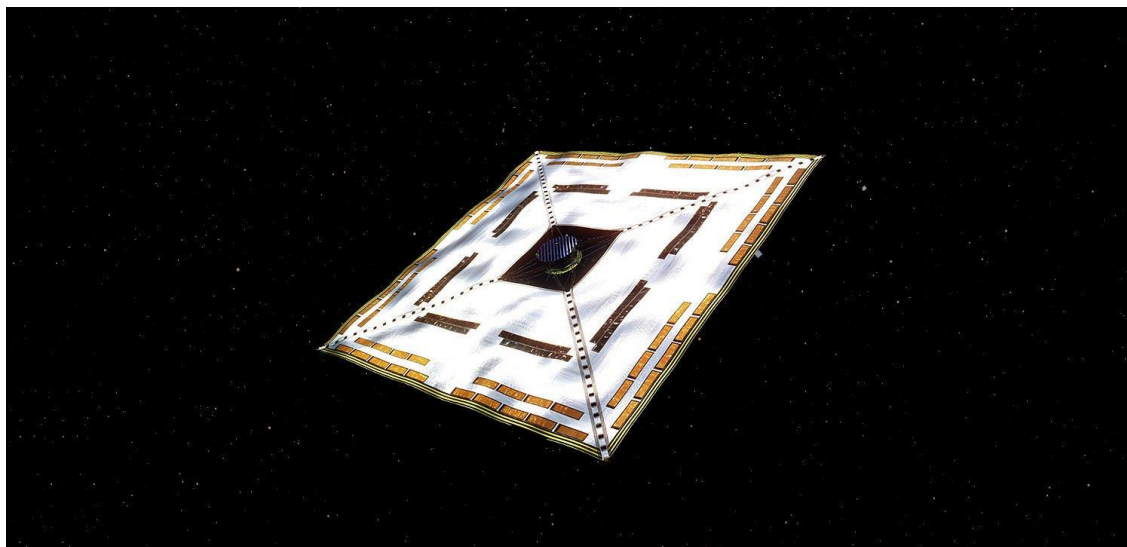


Рис. 1.3. Изображение модели космического аппарата IKAROS с солнечным парусом

Японские инженеры отправили на орбиту и смогли там полностью развернуть полиамидную пленку толщиной 7,5 мкм и площадью 196 квадратных метров.⁴

³Гудилин В. Е., Слабкий Л. И. Космические грузовые корабли «Прогресс», «Прогресс-М» и их модификации // Ракетно-космические системы (История. Развитие. Перспективы). — М., 1996. — 326 с.

⁴https://www.jaxa.jp/countdown/f17/overview/ikaros_e.html

1.2. ОБЪЯСНЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ «ДАВЛЕНИЕ СВЕТА»

1862 году Джеймс Максвелл (1831-1879) предположил, что свет как электромагнитное излучение обладает свойствами импульса и, следовательно, оказывает давление на любую поверхность, с которой контактирует. Экспериментально это было подтверждено в 1900 году Петром Лебедевым.

Практические опыты с целью изучения давления света крайне сложны. Связано это с тем, что силы, создаваемые световым давлением, крайне малы. Однако в космических масштабах (буквально) суммарный эффект этих малозаметных сил может оказывать большое кумулятивное воздействие на объект в течение длительных периодов времени. Например, если бы во время подготовительных расчетов перед запуском космического аппарата не учитывалось давление света, аппарат бы пролетел рассчитываемую точку назначения.

Давление света одинаково успешно объясняется как волновой, так и квантовой теорией света.⁵

С точки зрения квантовой теории световое давление объясняется передачей импульса фотона поглощающей или отражающей стенке. Пусть в единицу времени на единицу площади тела падает n фотонов. Если коэффициент отражения света от поверхности тела равен R , то Rn фотонов отражается, а $(1 - R)n$ поглощается. Каждый отраженный фотон передает стенке импульс $2hv/c$ (при отражении импульс hv/c фотона меняется на $-hv/c$). Каждый поглощенный фотон передает стенке свой импульс hv/c . Таким образом, давление света на поверхность равно импульсу, который передают единичной площади в единицу времени все n фотонов:

$$p = 2hvRn/c + hv(1 - R)n/c ,$$

$$\text{или } p = nhv (1 + R)/c = I (1 + R)/c = w (1 + R),$$

⁵<https://habr.com/ru/company/ua-hosting/blog/507994/>

где $I = nh\nu$ – интенсивность света; $w = I/c$ – объемная плотность энергии падающего излучения.⁶

Если суммировать все воедино, то мы получим следующее: частицы света (фотоны) ударяются об атомы тела и передают ему часть своего импульса, а тело от этого становится быстрее.

⁶Физическая энциклопедия. — М., «Советская энциклопедия», 1988. — Т. 1. — С. 553—554

1.3. ОБЪЯСНЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ «ОТРАЖЕНИЯ СВЕТА»

Когда световые волны достигают границы раздела двух сред, направление их распространения изменяется. Если они остаются в той же среде, то происходит **отражение** света.

Отражение света — это изменение направления световой волны при падении на границу раздела двух сред, в результате чего волна продолжает распространяться в первой среде.

Закон отражения света:

Падающий луч, перпендикуляр к границе раздела двух сред в точке падения и отраженный луч лежат в одной плоскости, причем угол падения равен углу отражения.

Направления распространения падающей и отраженной волн показаны на рис. 3.1:

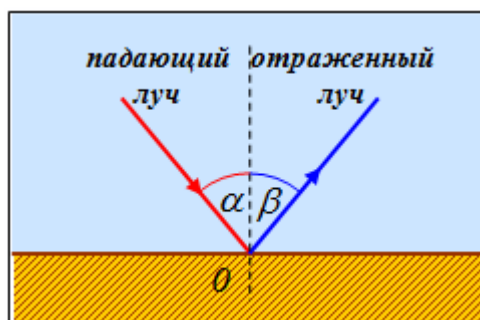


Рис. 3.1. Отражение света от плоской поверхности

Закон отражения может быть выведен из принципа Гюйгенса. Действительно, допустим, что плоская волна, распространяющаяся в изотропной среде, падает на границу раздела двух сред AC .

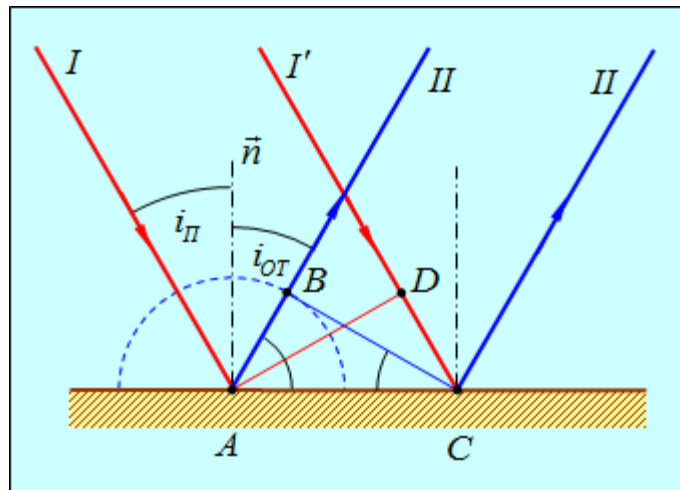


Рис. 3.2. Применение принципа Гюйгенса к выводу закона отражения

Образец написания формул в тексте

Величина S_y (условная площадь водосбора) на основании результатов физического моделирования приблизительно определяется по формуле [Бастраков, 1994]:

$$S_y = (250/C)^{0.4},$$

где C – густота полного горизонтального расчленения, получаемая по оценке эрозионных форм рельефа (км¹).

Достаточно рассмотреть два параллельных луча I и I' в падающем пучке. Углом падения называют угол $i_{\text{П}}$ между нормалью n к поверхности раздела и падающим лучом I . Плоский фронт AD падающей волны сначала достигнет границы раздела двух сред в точке A , которая станет источником вторичных волн. Согласно принципу Гюйгенса, из нее, как из центра, будет распространяться сферическая волна. Через время

$$\Delta t = \frac{DC}{v},$$

то есть с запаздыванием во времени на Δt , луч I' из падающего пучка придет в точку C , которая в этот момент времени $(t + \Delta t)$ также станет источником вторичной волны. Но, к этому моменту вторичная сферическая волна, распространяющаяся из точки A , уже будет иметь радиус $AB = v\Delta t$ (как и должно быть: $AB = DC$). Мы знаем теперь положение двух

точек фронта отраженной волны — C и B . Чтобы не загромождать рисунок, мы не показываем вторичных волн, испущенных точками между A и C , но линия CD будет касательной (оггибающей) ко всем из них. Стало быть, CB действительно является фронтом отраженной волны. Направление ее распространения (лучи II и II') ортогонально фронту CD . Из равенства треугольников ABC и ADC вытекает равенство углов

$$\angle DAC = \angle BCA,$$

что, в свою очередь, приводит к закону отражения

$$i_{от} = i_{п} \cdot 7$$

⁷<https://online.mephi.ru/courses/physics/optics/data/course/3/3.2.html>

1.4. ПРИНЦИП РАБОТЫ АККУМУЛЯТОРА

Аккумуляторной батареей называют устройство, которое преобразует энергию химических реакций в электрическую. Хотя термин «батарея» и обозначает сборку из двух или более гальванических элементов, способных к такому преобразованию, в широком смысле он применяется и к единичному элементу такого типа.

Каждая такая ячейка имеет катод (положительный электрод) и анод (отрицательный). Эти электроды разделены электролитом, обеспечивающим обмен ионами между ними. Электродные материалы и состав электролита подбираются таким образом, чтобы обеспечить достаточную электродвижущую силу между клеммами батареи.

Поскольку электроды содержат ограниченный потенциал химической энергии, батарея во время работы будет истощена. Тип гальванических элементов, который приспособлен для пополнения после частичного или полного разряда, называется аккумуляторами. Сборка из таких соединённых между собой ячеек — аккумуляторной батареей. Работа АКБ предполагает циклическую смену двух состояний:

- Зарядка — батарея работает в качестве приёмника электроэнергии, внутри ячеек электрическая энергия реализуется в химические изменения.
- Разрядка — устройство функционирует как источник электрического тока благодаря преобразованию энергии химических реакций в электрическую.⁸

⁸<https://principraboty.ru/princip-raboty-akkumulyatornoy-batarei/>

1.5. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

Обычно электромагнит состоит из обмотки и ферромагнитного сердечника, который приобретает свойства магнита при прохождении по обмотке электрического тока.

Магнитные поля возникают в случае, когда весь набор электронов металлического объекта начинает вращаться в одинаковом направлении.

В искусственных магнитах это движение обуславливается при помощи электромагнитного поля.

Для постоянных электромагнитов данное явление считается натуральным.

Обмотку для электромагнита выполняют из медных или алюминиевых изолированных проводов. Существуют и сверхпроводящие электромагниты. Магнитный провод делают из магнитно-мягкого материала, чаще всего стали (конструкционной, литой и электротехнической), чугуна и сплавов железа с кобальтом или никелем. Снижение потери на вихревой ток (ВхТ) осуществляется при помощи создания магнитопровода из множества листов.

Общая характеристика

Подключившись к источнику постоянного тока (а также напряжения), катушка и провод начинают получать энергетические ресурсы и создают магнитное поле, которое является подобным полю, что образуется в постоянных полосовых магнитах.

Плотность, которой обладает магнитный поток, всегда является пропорциональной величине электрического тока, протекающего сквозь толщину катушки.

Полярность электромагнита определяют по направлению тока.

Механизм образования включает в себя наматывание провода вокруг сердечника, выполненного из металла, через который потом пропускают электричество из определенного источника.

Если внутренняя полость катушка заполнена воздухом, то ее называют соленоидом.

Увеличивать силу электромагнита, а точнее его поля, можно при помощи:

1. применения сердечников из «мягкого» железа;
2. применения больших чисел витков;
3. применения электрического тока в больших размерах.

Виды

Электромагниты бывают следующих видов:

Нейтральные постоянного тока. В таком устройстве магнитный поток создается посредством постоянного электрического тока, пропущенного через обмотку. А значит, сила притяжения такого электромагнита варьируется в зависимости только от величины тока, а не от его направления в обмотке.

Поляризованные постоянного тока. Действие электромагнита подобного рода основано на наличии двух независимых магнитных потоков. Если говорить о поляризующем, то его наличие создается обычно постоянными магнитами (в редких случаях - дополнительными электромагнитами), и нужен он для создания притягивающей силы при выключенной обмотке. А действие такого электромагнита зависит от величины и направления электрического тока, который движется в обмотке.

Переменного тока. В таких устройствах катушка электромагнита питается электричеством переменного тока. Соответственно, с определенной периодичностью магнитный поток меняет свое направление и величину. А сила притяжения варьируется лишь по величине, из-за чего она «пульсирует» от минимального до максимального значения с частотой, которая имеет двукратную величину по отношению к частоте питающего ее электрического тока.

Магнитное поле, создаваемое катушкой

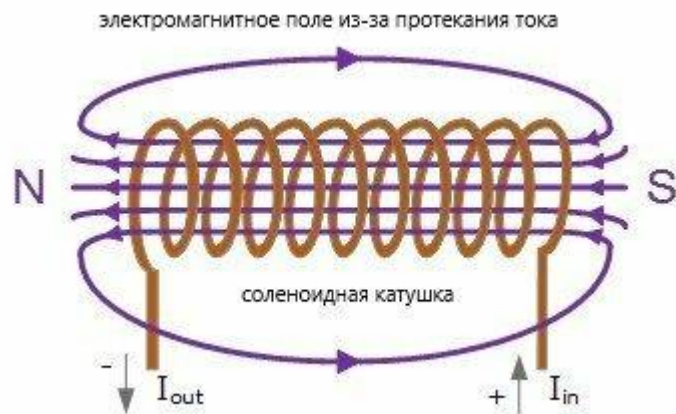


Рис. 5.1. Схема магнитного поля, создаваемого катушкой

Когда электрический ток проходит через обмотки катушек, он ведет себя как электромагнит. Плунжер, находящийся внутри катушки, притягивается к её центру с помощью магнитного потока внутри корпуса катушек, который, в свою очередь, сжимает небольшая пружина прикреплена к одному концу плунжера.

Сила и скорость движения плунжеров определяются силой магнитного потока, генерируемого внутри катушки.

Когда ток питания выключен (обесточен), электромагнитное поле, созданное ранее катушкой, разрушается, и энергия, накопленная в сжатой пружине, заставляет поршень вернуться в исходное положение покоя. Это движение плунжера вперед и назад известно как «ход» соленоидов, другими словами, максимальное расстояние, на которое плунжер может проходить в направлении «вход» или «выход», например, 0–30 мм.⁹

⁹<https://principraboty.ru/princip-raboty-elektromagnita/>

1.6. УСТРОЙСТВО СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Составные элементы солнечной батареи:

1. Два слоя кремния (между собой образуют пластину, внутренний слой – кремний на монокристаллической основе, обладает проводимостью р-типа, наружный слой – кремний, содержащий различные примеси, данный слой имеет проводимость n-типа).
2. Каркас с фотоэлементами (детали расположены таким образом, чтобы в случае поломки их можно было починить).
3. Аккумуляторы (один является основным, второй – запасным).
4. Пластик закаленного вида, покрывающий всю конструкцию от повреждений.

Принцип работы солнечной батареи заключается в следующем:

электроны выходят из р-слоя, затем попадают в n-слой, предварительно пройдя определенную нагрузку. N-слой выступает источником избыточных электронов.

Аккумуляторы солнечных батарей работают следующим образом:

основной собирает электрическую энергию для последующей транспортировки в сеть, другой аккумулятор работает в запасном режиме (накапливает энергию сверх нормы, а затем, при снижении напряжения, энергия поступает в сеть).

Детали солнечной батареи важно беречь от метеорной пыли и радиации, данные элементы способствуют появлению эрозии на кремниевых слоях.

Солнечная энергия как альтернативный источник энергии зарекомендовала себя с положительной стороны и применяется во многих сферах жизни человека.

Принцип работы:

1. Происходит падение солнечных лучей на специальный фотоэлемент.
2. В фотоэлементе создаются пары электронно-дырочного типа.
3. Электроны сверх нормы переносятся из одного слоя полупроводника

в другой, в результате данного процесса во внешней среде образуется напряжение.

Работу солнечной батареи можно сравнить с колесом, по которому передвигаются электроны. Аккумуляторы при таком движении постепенно накапливают заряд.

В жару менее продуктивно работает фотогальваническая составляющая солнечной батареи. Максимальную отдачу конструкции демонстрируют при ясной зимней погоде. Следует подчеркнуть, что падение снега не влияет на работу батареи, она все равно продолжает нормально функционировать.

Солнечную энергию можно преобразовывать не только в электрическую, но и в тепловую. В данном процессе происходит не преобразование, а накопление энергии. В этом и заключается принцип работы солнечного коллектора: устройство собирает тепло и передает его в теплоноситель. Данная конструкция применяется при отоплении домов.

Солнечная панель включает в себя ряд фотоэлементов, создающих разность потенциалов под воздействием освещения. Если целью является увеличение напряжения, то нужно соединять фотоэлементы последовательным методом, в случае необходимости увеличения силы тока требуется соединить элементы параллельно.

Принцип работы фотоэлемента позволяет наглядно представить, как устроена солнечная панель.

Алгоритм преобразования энергии солнца в электрическую энергию:

- воздействие светом на полупроводники (фотоэлементы – два слоя полупроводника, имеющих различную проводимость, n-проводимость, p-проводимость);
- создание разности потенциалов;
- замыкание цепи;
- получение электрической энергии.¹⁰

¹⁰<https://bezopasnik.info/%D0%BA%D0%B0%D0%BA->

ГЛАВА 2: АВТОРСКАЯ КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ

2.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ АВТОРСКОГО МОДУЛЯ С СОЛНЕЧНЫМ ПАРУСОМ

Изучив имеющийся на сегодняшний день материал о принципах работы солнечного паруса автором была разработана авторская модель модуля с солнечным парусом. Новизна нашей разработки заключается в ее универсальности, т.е. возможности крепления к любому космическом аппарату.

Устройство модуля схематично представлено на рисунке.

Данный модуль является промежуточной ступенью между космическим аппаратом и ступенями, выносящими аппарат на орбиту. Конструкция включает в себя металлический каркас(1), солнечный парус(2), гидравлические двигатели для обеспечения развёртывания солнечного паруса(3), аккумуляторный отсек(4), стыковочный отсек(5). Парус состоит из слоя солнечных панелей, благодаря которому можно зарядить аккумуляторы.

Данная конструкция раскрывается в космосе после отстыковки последней ракетной ступени и получения от неё начального импульса. После раскрытия, на парус начинают действовать частицы, толкая его в космическом пространстве; попадая на парус, частицы света заряжают аккумуляторы с помощью солнечных панелей. Система приходит в работу.

Данная конструкция сможет заменить современные ракетные двигатели при полёте на большие расстояния, т.к. вместо энергии сгорания топлива, для движения используется давление света. Так же, данный модуль сможет обеспечить космический аппарат электричеством, т.к. он снабжён солнечными батареями и аккумуляторным отсеком.

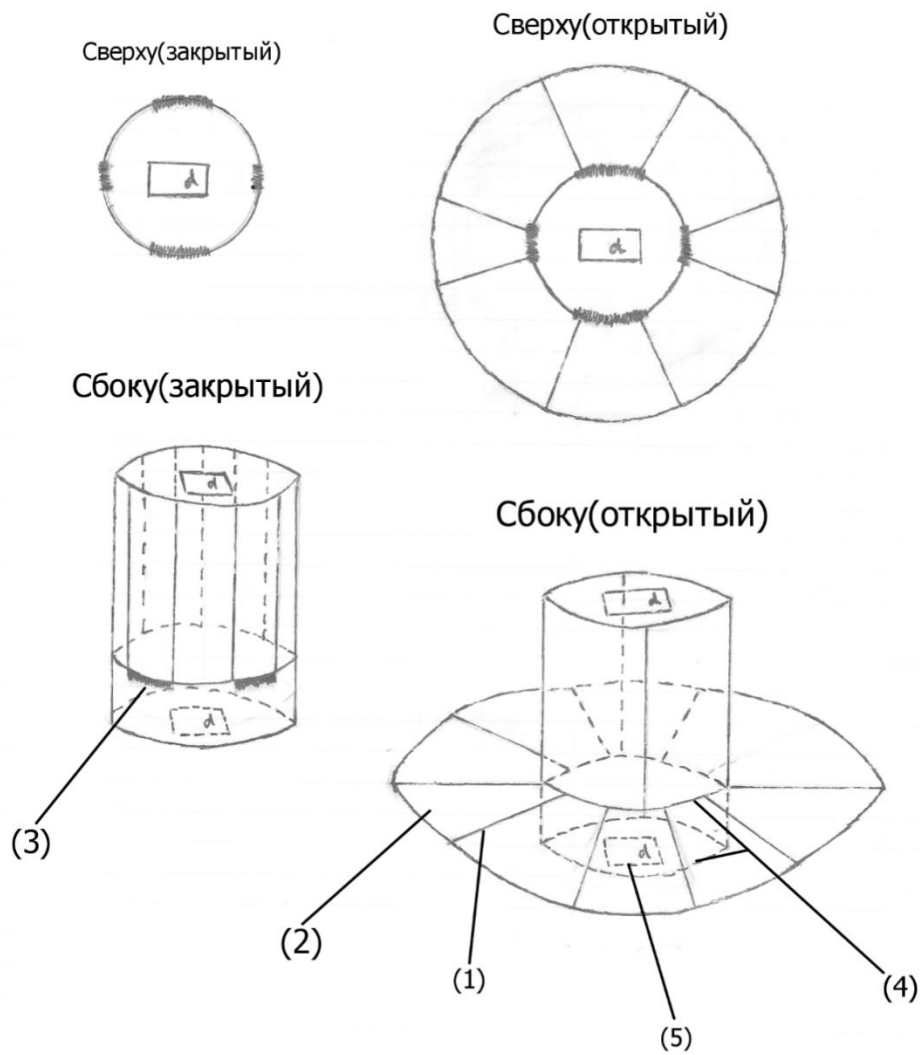


Рисунок 1.1. Чертёж авторской конструкции модуля с солнечным парусом (Первая версия): *металлический каркас(1), солнечный парус(2), гидравлические двигатели для обеспечения развёртывания солнечного паруса(3), аккумуляторный отсек(4), стыковочный отсек(5).*

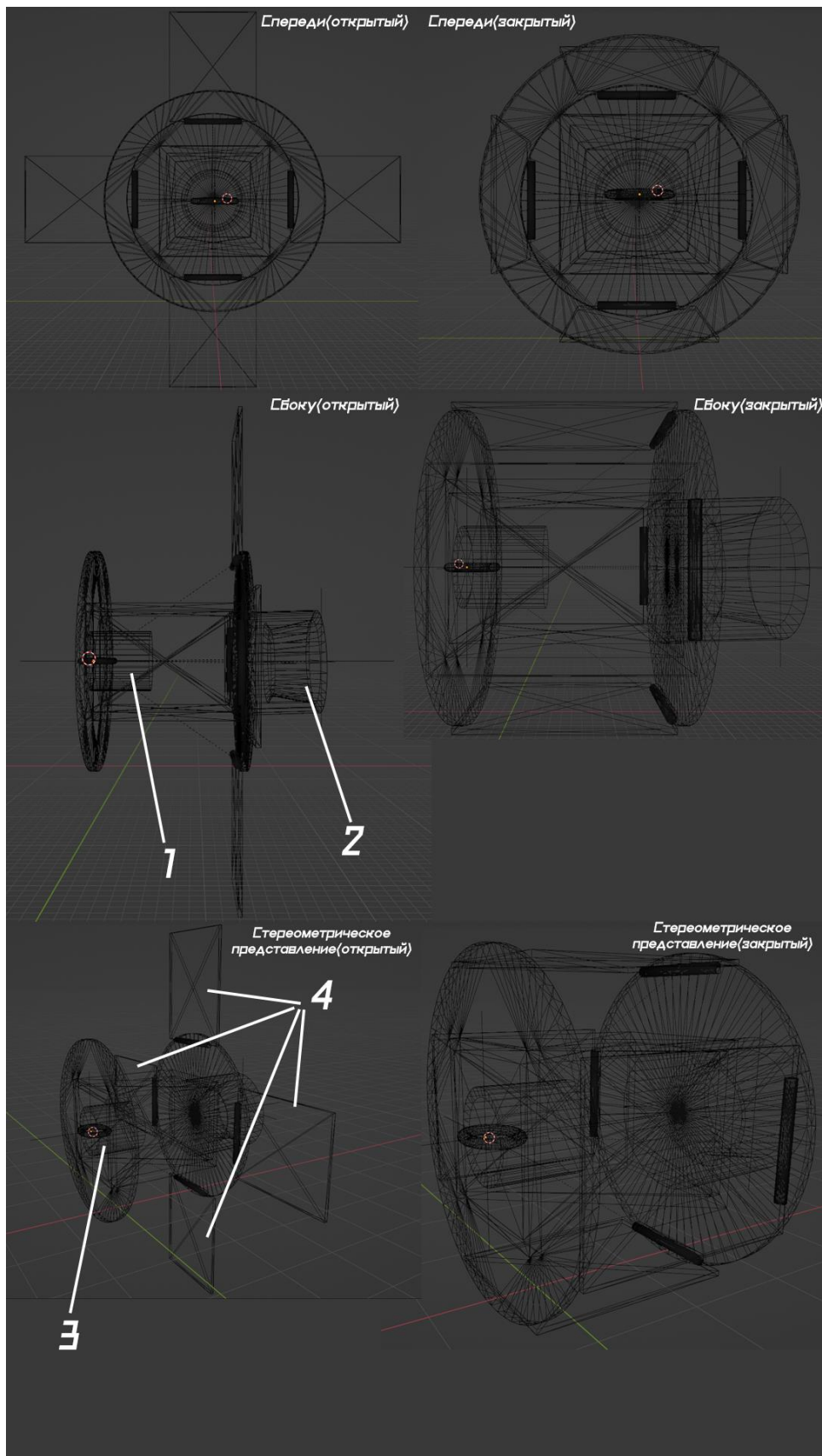


Рисунок 1.2. Чертёж авторской конструкции модуля с солнечным парусом (Вторая версия): аккумулятор(1), стыковочный отсек(2), аккумуляторный отсек(3), солнечные панели(4).

ВЫВОДЫ

1. Технология использования солнечного паруса в качестве двигателя является достаточно актуальной в области освоения космоса.
2. Солнечный парус возможно применять в качестве двигателя, используя явление давления света.
3. Возможно создать модуль, обеспечивающий космический аппарат дополнительным электропитанием.
4. Возможно создать универсальный модуль, способный крепиться к любому космическому аппарату.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tim Folger, «New moon — Russian satellite acts as a mirror to light remote areas» Discover, Jan, 1994
2. Бутиков Е. И., Быков А. А., Кондратьев А. С. «Физика в примерах и задачах» // М.: Наука. — 1989.
3. Грегори Мэтлофф, Юджин Малов. «Звездолеты на солнечных парусах: клипера галактики».
4. Гудилин В. Е., Слабкий Л. И. «Космические грузовые корабли “Прогресс”, “Прогресс-М” и их модификации»
5. Ден Спиз, Роберт Зубрин. «Ультратонкие солнечные паруса для межзвездного путешествия».
6. Королёв Владимир. «На всех парусах».
7. Лендис. «Межзвездный ионный зонд, снабжаемый энергией по лазерному лучу».
8. Лэндис: «Малый межзвездный зонд, разгоняемый лазером».
9. Поляхова Е. Н. «Космический полёт солнечным парусом: проблемы и перспективы», М., Изд. «Наука», Глав. ред. физ-мат. литературы, 1986 г.
10. Роберт Л. Форвард «К звездам на острие луча».
11. «С Земли на небеса» // Обмен разумов / Михаил Гребенюк, 1989.
12. Форвард: «Путешествие к звездам на энергетическом луче».
13. Ч. Дэнфорт «Под парусом в протонном ветре».
14. Эльясберг П. Е. «Введение в теорию полёта искусственных спутников Земли».