

**Научно-исследовательская работа**

**Астрономия**

**ПРОЕКТ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЛАКА ООРТА**

*Выполнил:*

***Юлдашев Максим Маратович,***  
*11 класс, МАУДО «Дворец пионеров и  
школьников им.Н.К.Крупской»,  
Россия, г. Челябинск*

*Руководитель:*

***Папулова Наталика Владимировна,***  
*педагог дополнительного образования  
высшей квалификационной категории  
МАУДО «Дворца пионеров и  
школьников им.Н.К.Крупской»,  
Россия, г. Челябинск*

## Введение

У нашей Вселенной есть много тайн и загадок, которые человечество пытается разгадать уже ни одну сотню лет. Через 100 лет, а возможно даже раньше, человечество будет способно построить межзвездный корабль, а по Солнечной системе мы будем перемещаться с такой же легкостью, как сегодня перелетаем с материка на материк.

Смеем ли мы надеяться, что когда-нибудь покинем Землю и за разумное время преодолеем расстояние до облака Оорта, чтобы доказать, что оно действительно существует? Сможем ли мы приблизиться к скорости света и двигаться быстрее, чем свет?

Пространство Солнечной системы, ее планеты находятся в пределах досягаемости космических аппаратов, созданных при современном уровне техники и знаний. Скоро люди смогут если не высадиться, то, во всяком случае, добраться до любой из ее планет. Однако, это не является конечной целью. Проложить дорогу к звездам представляется главной задачей человечества. Из космических аппаратов лишь зонд Вояджер-1, двигаясь со скоростью около одной десятой скорости света, добрался до внутренних границ Солнечной системы и сейчас находится в районе гелиопаузы [9]. Какие же нужны технические возможности, чтобы за разумное время долететь до более отдаленных объектов?

Цель работы: создать проект космического аппарата, который доказал бы существование облака Оорта.

Для этого поставлены следующие задачи:

- изучение научно-технической и научно-фантастической литературы и других источников информации;
- анализ имеющихся проектов двигателей для космического корабля с целью выбора оптимального варианта;
- составление план полета до облака Оорта;
- изготовление макета космического аппарата

Объект исследования: Облако Оорта;

Предмет исследования: космический корабль, направленный для изучения внешней границы Солнечной системы.

Актуальность: работа в данном направлении даст возможность человечеству снарядить экспедицию до облака Оорта в ближайшее столетие, что позволит подтвердить или опровергнуть гипотезу существования облака Оорта, внести ясность в определение границы Солнечной системы, собрать и проанализировать все имеющиеся данные наблюдений за кометами.

### **Основная часть**

В фантастической литературе подразумевается, что звездолёт - это космический корабль, перемещающийся между звёздными системами за приемлемое время, набрав третью космическую скорость, либо используя гравитационный манёвр.

Даже если бы мы построили корабль, который сможет летать со скоростью, близкой к скорости света (299 792 458 м/с), время путешествий только по нашей Галактике составит десятки тысячелетий. Но космическое пространство пустынно, а звезды крайне далеки друг от друга. До центра нашей Галактики, свет Солнца идёт 30 000 лет. А между нашей и ближайшей к ней спиральной галактикой М31 в созвездии Андромеды пролегает 2 000 000 световых лет. От Земли до самых далеких квазаров<sup>1</sup> восемь-десять миллиардов световых лет. Мы видим их такими, какими они были задолго до того, как образовалась Земля, и даже раньше, чем образовался Млечный Путь.

Сегодня в распоряжении человечества технологии не позволяют космическим кораблям достичь ближайшей звезды в течение человеческой жизни. Современные космические корабли смогут преодолеть это расстояние за 70 тыс. лет. Необходимо найти новый способ, чтобы отправиться в межзвездное путешествие.

Вопрос о том, где заканчивается Солнечная система и начинается межзвёздное пространство, неоднозначен и определяющие факторы это:

---

<sup>1</sup> Квазар - мощное и далёкое активное ядро галактики. Квазары являются одними из самых ярких объектов во Вселенной — их мощность излучения иногда в десятки и сотни раз превышает суммарную мощность всех звёзд таких галактик, как наша.

солнечный ветер и солнечное тяготение. Границу Солнечной системы делят на внешнюю и внутреннюю.

Внутренняя граница – это область, где происходит торможение солнечного ветра (потока заряженных частиц водородно-гелиевой плазмы) и слияние его с межзвездным пространством (примерно 130 а.е. от Солнца). Это «гелиопауза». Она похожа на пузырь, вытянутый в противоположную движению Солнца сторону (Рис. 1).



Рис. 1. Гелиопауза

Внешняя (основная) граница начинается, где Солнце уже не способно удержать какое-либо тело, и галактическая гравитации преобладает над солнечной.

За Поясом Койпера находится область пространства с космическими телами, называемая рассеянным диском. Вероятно, рассеянная область постепенно переходит в Облако Оорта (Рис. 2).

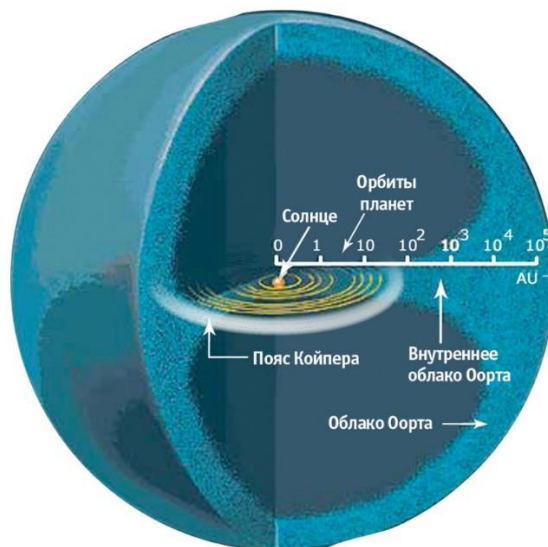


Рисунок 2. Пояс Койпера и облако Оорта

Гипотетическое облако Оорта — сферическое облако ледяных объектов, служащее источником долгопериодических комет. В середине XX века голландский астроном Я.Оорт выдвинул гипотезу о существовании на периферии Солнечной системы, на расстоянии примерно половины светового года, облака гигантских размеров, состоящего из газа, пыли, ледяных глыб. Существование облака Оорта не подтверждено, но многие косвенные факты, например, движение комет, указывают на это. Внешняя граница облака Оорта определяет гравитационную границу Солнечной системы — сферу Хилла, для Солнечной системы - в 2,0 св. года (125 000 а. е.) [14]. В сравнении, нижние оценки радиуса облака Оорта не размещают его дальше 50 000 а.е. Несмотря на открытия таких объектов как Седна, область между поясом Койпера и облаком Оорта и тем более само облако Оорта и то, что может находиться за ним, всё ещё практически не исследованы (Рис. 3).

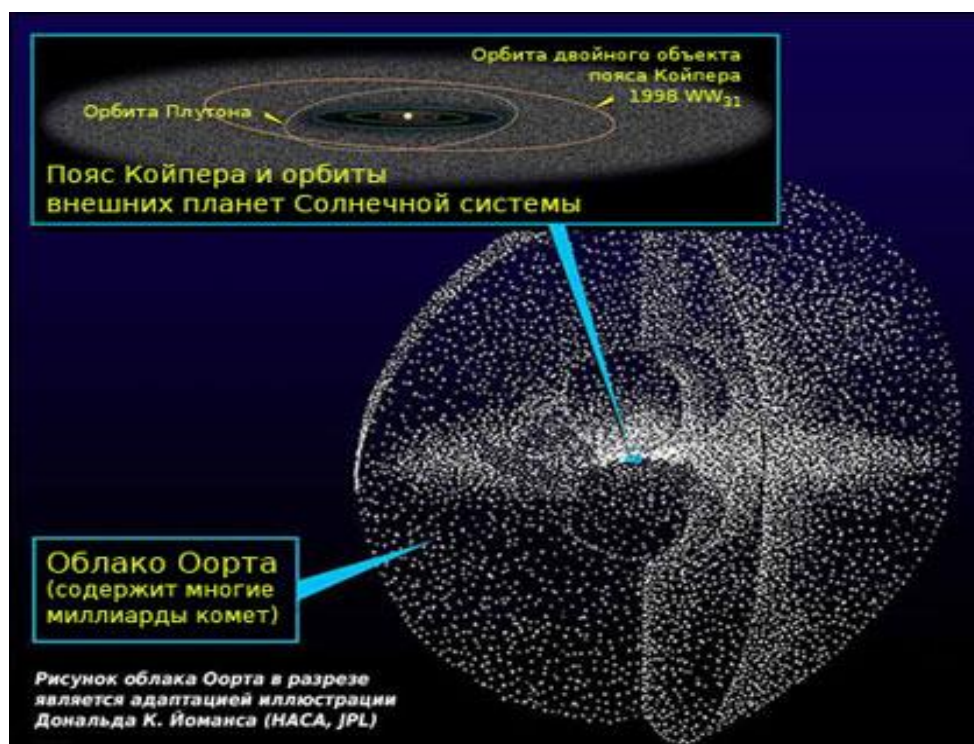


Рис. 3. Предполагаемый вид облака Оорта.

Мы многое научились понимать в окружающем нас мире. Мы исследуем планеты у других звезд, различаем звезды в соседних галактиках, пытаемся понять природу далеких квазаров. Но то, что находится «всего лишь» на границе нашей Солнечной системы мы увидеть не можем! Облако Оорта остается

гипотетическим. Значит, крайне необходим проект космического корабля, который разрешил бы все наши сомнения!

До недавнего времени ни один космический корабль ещё не выходил из гелиопаузы. 12 сентября 2013 года НАСА подтвердило, что «Вояджер-1» вышел за пределы гелиосферы Солнечной системы в межзвездное пространство. На 1 октября 2014 года Вояджер-1 находился на расстоянии в 129,479 а. е. от Солнца [9] (Рис. 4).

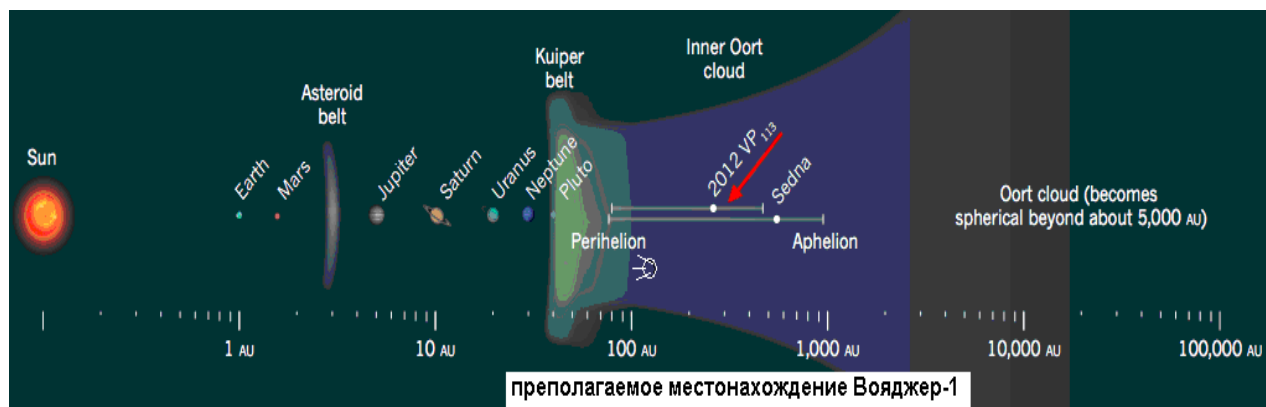


Рис. 4. Предполагаемое местонахождение Вояджер-1

Считается, что граница представляет собой первую "линию обороны", защищающую планеты системы от воздействия заряженных частиц из межзвездного пространства, например, от взрывов сверхновых [13]. Предполагалось, что магнитное поле на границе Солнечной системы устроено просто - силовые линии поля изгибаются как арки и возвращаются обратно к Солнцу. Анализ данных "Вояджеров" показывает, что граница Солнечной системы похожа на пену (Рис. 5). Диаметр пузырей пены достигает 1 а.е. Магнитное поле внутри пузырей поддерживается намагниченной материей. По словам ученых, причины возникновения пузырей лежат в собственном вращении Солнца - движение светила приводит к "запутыванию" магнитных линий на границе и их пересоединению.

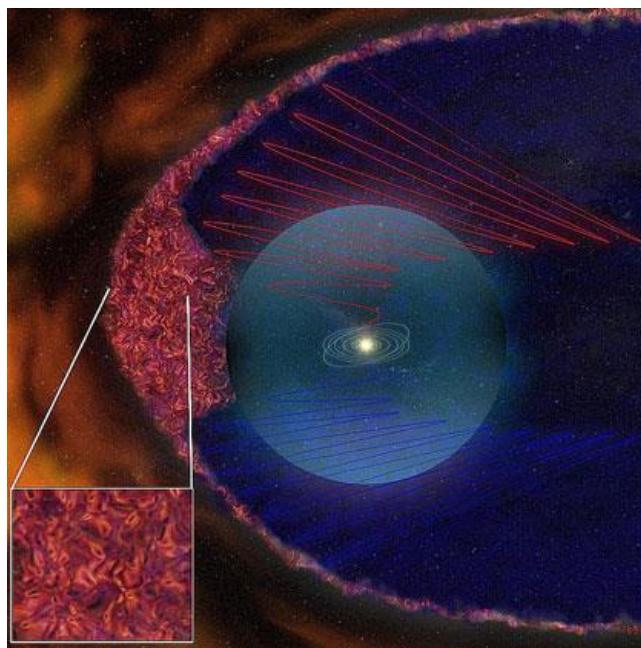


Рис. 5. Граница Солнечной системы

Основной проблемой путешествия является даже не топливо и двигатель, а количество времени. Без создания технологий погружения человека в длительное состояние анабиоза к звездам необходимо отправлять не корабль, а маленькую планету. Однако есть вероятность, что к месту назначения прилетит уже совсем иная цивилизация.

При создании космического корабля необходимо решить три научно-технические проблемы (их, конечно больше, но эти определяют возможность создания аппарата): энергетика, надежность, обитаемость.

Для того чтобы отправиться в полет, аппарат должен при старте с Земли развить скорость чуть больше 16 км/с. Этого достаточно, чтобы выйти из сферы действия Солнца, однако полет до цели в этом случае будет продолжаться миллионы лет. Для того чтобы достичь её в разумные сроки, аппарат должен двигаться быстрее света.

Независимо от того, каким путем это будет достигнуто, потребуются затраты, а главное - концентрация энергии, намного превышающая сегодняшний уровень, ибо даже 1 % скорости света превышает реально достигнутые скорости аппарата на три порядка. Ситуация осложняется тем, что пилотируемый аппарат должен разгоняться мере 4 раза: разгон от Солнца, торможение у цели, разгон от цели, торможение у Солнца.



Надежность технической системы не абсолютна. Вместе с тем, проведение каких-либо спасательных операций в ходе межзвездного полета практически невозможно. Нужно обеспечить возвращение экипажа при продолжительности полета от нескольких лет до нескольких десятилетий. Реализация этого требования, видимо, является главной технической проблемой при создании пилотируемого аппарата, хотя, найдется немало людей, готовых лететь и при небольшой вероятности возвращения.

Решающей задачей будет обеспечение длительного существования экипажа в замкнутой экосистеме на большом удалении от Земли. Помимо проблем, общих для любой искусственной замкнутой биосферы, совершенно не с чем сравнить психологические проблемы такого полета. Кроме того, использование альтернативных способов перемещения может быть не совместимо с жизнью. На фоне этих главных проблем такие "частности", как навигация и ориентация в межзвездном рейсе выглядят совсем не страшно [11].

Рассмотрим основные способы решения этих проблем, предлагаемые фантастами и учеными-теоретиками.

1. Основные способы перемещения космических кораблей между звёздными системами за приемлемое время у фантастов можно условно разделить на два вида:

- космические корабли с досветовой скоростью, которым, как и в реальности, необходим набор третьей космической скорости: аппараты с реактивной двигательной установкой, как правило, с фотонной, или с солнечными парусами. Для этого предлагается, в частности: использование релятивистского замедления времени; экипаж, состоящий из роботов или киборгов; достижение бессмертия и улучшение человеческого организма; применение анабиоза<sup>2</sup> или стазиса<sup>3</sup>;

- космические корабли, использующие фантастические способы

---

<sup>2</sup> Анабиоз (лат. anabiosis — оживление, от др.-греч. ἀναβίωσις «возвращение к жизни, воскрешение») — состояние живого организма, при котором жизненные процессы (обмен веществ и др.) настолько замедлены, что отсутствуют все видимые проявления жизни.

<sup>3</sup> Стазис в научной фантастике — состояние полной остановки любых физиологических процессов в организмах живых существ.



перемещения: телепортация, проход через гиперпространство, варп-движение и т.д. [10].

Многие идеи фантастов были использованы в фантастических фильмах и рассказах. Так идею солнечного паруса воплотили в фантастическом сериале «Звездные войны 2: Атака клонов», где такой способ движения использовался на корабле графа Дуку. Так же в сериале «Звёздные врата: Вселенная» фигурирует сверхсветовой варп-двигатель. Эти корабли способны за приемлемое время совершать межгалактические перелёты между соседними галактиками. В мною прочитанной книге Н.Горькавого «Астровитянка» говорится о космическом аппарате с применением релятивистского эффекта замедления времени.

Научная фантастика позволяет задуматься о будущем и о возможностях науки, где фантастические события и явления имеют не сверхъестественное, а научное объяснение.

2. Способы решения проблем, предлагаемые учеными-теоретиками:

- через червоточины. Предполагается, что в космосе есть «лазейки», существование которых обосновали Эйнштейн и Розен в 1935 году («пространственно-временные тоннели», «червоточины», «кротовые норы»). Они связывают между собой две точки в пространственно-временном континууме и позволяют перемещаться из точки А в точку Б. Проблема - не возможно определить, в какую точку нашей Вселенной приведет эта «кроличья нора».

- пузырь Алькубьерре – метод перемещения за счет сжатия пространства перед кораблем и растяжением за ним. Возможность создания подобной технологии также связана с использованием экзотической материи.

Сегодня ученые пытаются разработать новые технологии космических двигателей, но только солнечный парус доведен до уровня экспериментальных образцов.

1. Химический. Единственной проработанной технологией на сегодняшний день является ракетный двигатель. Горение в космосе невозможно

из-за отсутствия окислителя, потому ракета должна быть снабжена им наряду с топливом. Но, к сожалению, КПД<sup>4</sup> химических ракетных двигателей крайне низкий (по сравнению с другими технологиями), потому для межзвездных перелетов такой «движок» не подходит.

2. Двигатель на антиматерии. Работа двигателя заключается во взаимодействии материи и антиматерии, после чего происходит мгновенная взаимная аннигиляция с выделением огромной энергии. Стоимость производства грамма антиматерии – десятки миллиардов долларов. И она при хранения не должна контактировать ни с одним атомом обычного вещества, иначе будет взрыв.

3. Солнечный парус. Световой парус, или фотонный. Излучаемые звездами фотоны оказывают давление на физические объекты. И если корабль оснастить большим, ультратонким парусом, то давления солнечного света будет достаточно для его движения. На такой парус можно действовать и сверхмощным лазером с околоземной орбиты. В рамках реализации проекта NanoSail D (NASA) в 2011 г. было проведено успешное развертывание солнечного паруса на околоземной орбите. Эксперименты с ним продолжались 240 дней. Японское космическое агентство JAXA добилась наибольшего успеха: аппарат IKAROS в 2010 г., впервые использовал солнечный парус на межпланетной траектории [8].

4. Термоядерные. В термоядерном двигателе используется реакция превращения водорода в гелий. Для создания тяги предполагается использовать истечение продуктов управляемой термоядерной реакции или рабочего тела, нагретого за счёт энергии термоядерной реакции [19].

В данное время разработаны несколько вариантов космических аппаратов с двигателями на основе термоядерного синтеза, которые способны совершать долгие космические путешествия с разумным грузом горючего на борту. Наиболее известны среди них «Орион», «Дедал», прямоточный двигатель

---

<sup>4</sup> КПД - коэффициент полезного действия - характеристика эффективности системы (устройства, машины) в отношении преобразования или передачи энергии

Бассарда, а так же термоядерный ракетный двигатель, работающий на основе Z-пинча.

Наиболее реальный проект – Orion, пилотируемый корабля для дальних космических миссий. Он движется за счет регулярных взрывов водородных бомб вне корабля. Сила взрыва ускоряет корабль. Проект был закрыт из-за губительного для команды резкого ускорения и опасности повреждения корабля при взрывах [12].

Более равномерное движение обеспечивал проект «Дедал». В качестве двигателя предполагался термоядерный реактор, в котором происходит постоянный управляемый синтез, что даёт равномерное ускорение. «Орион» и «Дедал» были способны, развить скорость до 10% от скорости света (0,1 с).

Прямоточный двигатель Бассарда похож на «Дедал», но ему требуется меньше топлива. Аппарат использует «ковш» на носу корабля, собирая атомы водорода из межзвездного пространства, обеспечивает топливом термоядерный реактор. Торможение идет за счет перенаправления «выхлопа» вперед, через сопло в центре «ковша» [12].

Эффект зетта-сжатия (Z-pinch) плазмы собственным или внешним магнитным полем был известен в ученых кругах еще с 1934 года. Он и положен в основу нового двигателя. Основная концепция этого термоядерного двигателя: при пропускании по плазме большого тока она сожмется и нагреется под действием магнитного поля, превратившись в источник мощного излучения, такая энергия приводит в движение корабль [18]. Из всех выше перечисленных проектов, по моему мнению, наиболее близок к реализации термоядерный ракетный двигатель, работающий на основе Z-пинча. На нем я и хочу подробнее остановиться.

Принцип его работы, заключается в следующем: в реактор подаются два компонента топлива (дейтерий и литий-6), и мощный электрический импульс из конденсаторов превращает их в плазму. Магнитное поле большой силы сжимает плазму и зажигает реакцию термоядерного синтеза. Плазма в итоге сжимается Z-пинч эффектом, выбрасывается из магнитного сопла и создает реактивную тягу.

Охлаждать двигатель будет жидкость фтор-литий-бериллий (FLiBe), которая способна поглощать гамма-лучи и нейтроны [20].

Взяв за основу проект Z-пинч корабля, разработанный в 2010 году американскими учеными, я изготовил модель (Рис. 6) и составил схему (рисунок 7) такого космического аппарата.



Рис. 6. Модель космического Z-пинч корабля

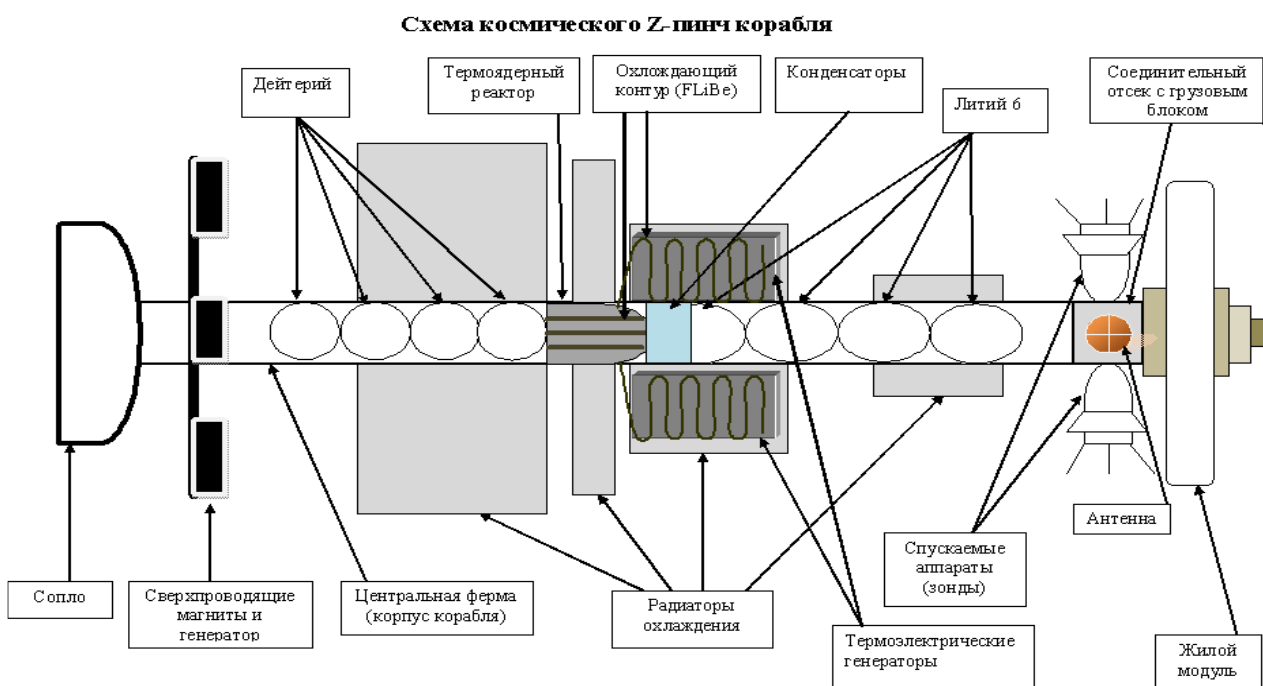


Рис. 7. Схема изготовленной мной модели космического Z-пинч корабля

По расчетам американских ученых длина данного корабля должна быть около 125 м (в два раза длиннее МКС), поэтому собирать его придется на орбите. Несущая конструкция корабля - центральная ферма с радиаторами, отводящими тепло от реактора. Жилой модуль, а так же спускаемые аппараты или другая полезная нагрузка, расположены на носу корабля (подальше от реактора, чтобы снизить радиационное воздействие). Мощные сверхпроводящие магниты и генератор - в кормовой части.

Сопло двигателя из углеродного композита не боится перегреться, и от плазмы сопло защищает магнитное поле. Конденсаторы необходимо защищать от гамма-излучения и нейтронов - радиационной защитой, которая защищает и экипаж. Максимальная тяга Z-пинч корабля равна традиционным ракетам, но перегрузка при ускорении небольшая – менее 1 g, что обеспечит комфорт при многодневном разгоне и торможении. При массе полезной нагрузки в 150 тонн, общая масса корабля составит почти 600 тонн (МКС 400 тонн). Корабль вдвое меньшее, сократит время полета и доставит до 50% больше полезного груза, чем химическая ракета. Учитывая все вышесказанное, зная примерное расстояние до облака Оорта и технические данные корабля, я составил план полета моего космического корабля (Рисунок 8).



Рис. 8 Примерный план полета моего космического корабля

На основании данных в статье М.Левкевича он будет добираться до Марса от 30 до 90 дней. Возьмем среднее значение - 60 дней (1440 часов). Я рассчитал, что если среднее расстояние до Марса – 229 млн.км., то средняя скорость:  $229 \text{ млн.км} / 1440 \text{ часов} = 159028 \text{ км/час}$ . Внутренняя граница облака Оорта, начинается примерно на расстоянии около 100 а.е., а это 15 млрд. км. Я вычислил время полета до облака Оорта:  $15 \text{ млрд. км} / 159028 \text{ км/ч} = 94324 \text{ часа} = 3930 \text{ суток}$  – это 10,7 лет. Тогда получается, что через год он будет пролетать мимо Плутона. На второй год мы достигнем внутренней границы нашей Солнечной системы, а до конечной цели – облака Оорта космический аппарат будет лететь более 10 лет!

Очень важная проблема - охлаждение реактора в космосе. Помимо охладительного контура, работающего на фториде лития и дифториде бериллия, нужны мощные радиаторы охлаждения. Подумав, я решил извлечь из этого выгоду и заодно усовершенствовать мой космический аппарат. Для этого к реактору на радиаторах охлаждения я разместил термоэлектрические генераторы. В итоге мы получаем двойную выгоду: 1) дополнительное охлаждение радиатора, так как тепло будет тратиться на реакцию извлечения электричества; 2) дополнительный источник электроэнергии, который можно использовать на обеспечение жизнедеятельности экипажа, работу аппаратуры, заряд конденсаторных батарей на случай аварийных ситуаций, а так же на увеличение тяги корабля<sup>5</sup>.

От жесткой радиации астронавтов сможет защитить "Космическая пластмасса", которую разработали сотрудники NASA. Она лучше, чем металлические экраны, но намного легче известных металлов [22].

Чтобы создать на космическом корабле искусственную гравитацию, нужна движущаяся вокруг своей оси часть - кольца. Внутри будет действовать центробежная сила, которая будет прижимать людей и вещи к полу [23].

Сборка Z-пинч корабля – задача теоретически решаемая, но до воплощения

---

<sup>5</sup> Термоэлектрический генератор - это устройство для прямого преобразования тепловой энергии в электрическую с использованием, либо полупроводниковых, либо биметаллических термоэлементов (термопар), соединенных между собой последовательно и (или) параллельно.

этой цели пока далеко. Ученые должны оценить безопасность топлива литий-6, надежность магнитного сопла, эффективность антирадиационной защиты, решить проблемы сохранения здоровья экипажа, отработать системы посадки, создать оборудование для работы на поверхности планет и астероидов. Таким образом, подготовка к освоению нашей звездной системы уже идет полным ходом.

### **Заключение**

Возможно, что одно из представленных в данном обзоре направлений позволит человечеству снарядить экспедицию до облака Оорта в ближайшее столетие, проанализировать данные наблюдений за кометами и опасность, связанную с ними, подтвердить гипотезу существования облака Оорта, внести ясность в определение границы Солнечной системы. Ведь исследование облака Оорта становится одной из главных задач современной астрономии, и я уверен, что данная экспедиция продвинет далеко вперед нашу науку.

### **Список литературы:**

1. Астрономия. Энциклопедия для детей. Том 8 [Текст] – М.: Аванта+, 2004. – 680с.
2. Карл Саган. Космос: Эволюция Вселенной, жизни и цивилизации [Текст] – СПб.:Амфора, 2008. -370 с.
3. Комаров В.Н. Час звездочета: Астрономия для любознательных [Текст] – М.: Дет. лит., 2001. -192 с.
4. Привезенцев К. Вселенная [Текст]– М.:Мир энциклопедий Аванта+, 2011 - 175 с.
5. Джо Паппалардо. Космическая гонка – 2 [Текст]: / Популярная механика: науч.- попул. журн., 2013, №5. – с.70-74
6. Майкл Белфиор, Элисон Шепперд, Рейчел Фелтем. Как построить звездолет [Текст]:/ Популярная механика: науч.-попул.журн., 2013,№6. – с.50-53
7. Пол Сазерленд. Эй, звезды, мы уже идем [Текст]: / Наука в фокусе: науч.- попул. журн., 2013, №9. – с.74-75.
8. Ян О`Нелл. Большие корабли для межзвездных пространств [Текст]: /



ВСЕЛЕННАЯ, пространство, время: науч.- попул. журн., 2013, №12. – с.12-15

9. Вояджер-1 [электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Вояджер-1>

10. Звездолёт [электронный ресурс]: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Звездолёт>

11. Из Энциклопедии чудес, загадок и тайн [электронный ресурс]:  
<http://www.bibliotekar.ru/index.files/2/91.htm>

12. Космические корабли на термоядерных двигателях [электронный ресурс]:  
<http://www.enersy.ru/energiya/kosmicheskie-korabli-na-termoyadernyh-dvigatelyah.html>

13. Ласточка наша – Вояджер!!! [электронный ресурс]: [http://kosmos-x.net.ru/forum/На\\_окраине\\_Солнечной\\_системы\\_есть\\_неизвестная\\_планета?](http://kosmos-x.net.ru/forum/На_окраине_Солнечной_системы_есть_неизвестная_планета?)  
[электронный ресурс]: [http://zoom.cnews.ru/rnd/news/top/na\\_okraine\\_solnechnoj\\_sistemy\\_est\\_neizvestnaya\\_planeta\\_](http://zoom.cnews.ru/rnd/news/top/na_okraine_solnechnoj_sistemy_est_neizvestnaya_planeta_)

14. Новости Роскосмоса. НАСА завершает работу над аппаратом для исследования границ Солнечной системы [электронный ресурс]:  
<http://www.federalspace.ru/4257/>

15. Облако Оорта — нас ждет масса открытий [электронный ресурс]:  
<http://geektimes.ru/post/217267>.

16. Солнце «украло» кометы у других звезд [электронный ресурс]:  
<http://universemagazine.com/news3.php?id=177>

17. Термоядерный ракетный двигатель! [электронный ресурс]:  
<http://cosmosfera.ru/index>.

18. Термоядерный ракетный двигатель [электронный ресурс]:  
<https://ru.wikipedia.org/>

19. М. Левкевич Термоядерный ракетный двигатель отправит США в глубокий космос [электронный ресурс]: <http://zoom.cnews.ru/rnd/article/item/>

20. Угроза облака Оорта [электронный ресурс]: <http://nicor-invest.ru/?p=526>

21. Защита от радиации в космосе. НАСА и Роскосмос [электронный ресурс]: <http://ligaspace.my1.ru/news/2010-05-21-233>

22. Искусственная гравитация в космосе. [электронный ресурс]:  
<http://otvety.google.ru/otvety/thread?tid=730f36f45a59584d>