

Космическая станция-корабль планетарного типа

Введение

Ночное небо завораживало людей на протяжении всей истории. И сегодня наши взоры устремлены вверх. Космос – бесконечный простор, который хранит в себе не только тайны мироздания, но и возможности для дальнейшего существования людей.

Орбитальные космические станции необходимый инструмент для изучения космоса. Однако сегодня они не способны гарантировать условия для длительного пребывания космонавтов на орбите. Возникает необходимость в разработке такой станции, которая может быть автономной долгие годы, тем более что в будущем орбитальные поселения будут нуждаться в этом.

Человечеству необходима альтернатива для Земли, ведь в будущем есть вероятность, что условия жизни на нашей планете станут непригодными. Создание орбитальных поселений является одним из решений данной проблемы. Стоит отметить, что нахождение и заселение других планет так же приоритетная задача, для которой нужен космический корабль, способный долгое время быть автономным.

Видно, что для существования на орбите и дальних перелетов необходимо создать автономные космические аппараты, поэтому имеет смысл объединить космический корабль и орбитальную станцию, ведь они решают одну и ту же проблему – длительное проживание на них.

Чтобы создать автономную космическую станцию-корабль воспользуемся аналогией, и обратимся к природе, а именно к планетарной системе [7].

Предложенная космическая станция-корабль будет представлять собой модель планетарной системы, в которой, нужно выделить две принципиальные части. Первая – это энергетическая область, которая представляет собой соединенный с областью проживания сферический

термоядерный реактор [3], обеспечивает автономию всего космического корабля, а также является основным двигателем для перемещений в пространстве. Вторая - область проживания, являющаяся кольцеобразной структурой, создающей условия схожие с земными для комфортного и длительного пребывания на космическом корабле.

Проиллюстрируем космическую станцию-корабль и сравним ее с планетарной системой на рис 1.

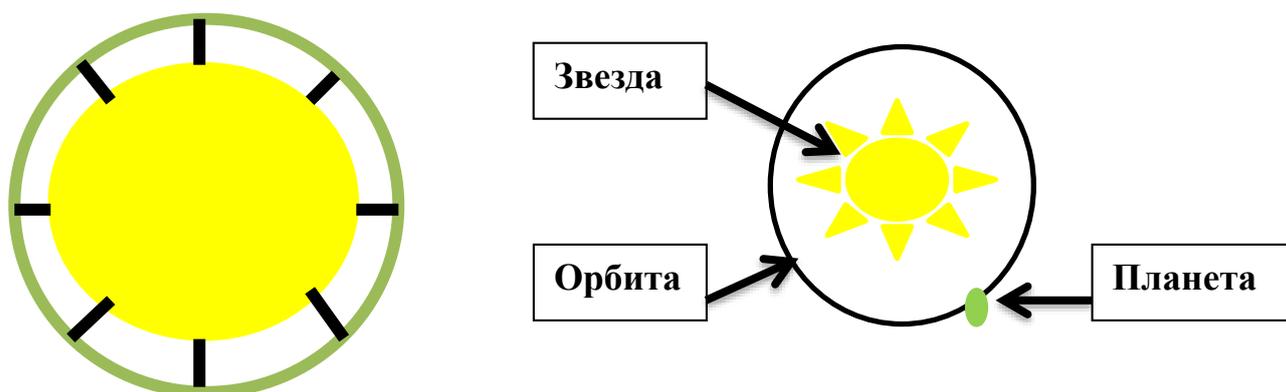


Рис.1. Автономная космическая станция-корабль (слева) и планетарная система (справа)

Разберем каждую часть.

Энергетическая область

Сердцем космической станции-корабля является термоядерный реактор, принцип работы которого, как и рассматриваемого космического корабля, основан на аналогии с природой, а именно с условиями, созданными в звездах [3].

Получение энергии данным способом заключается в удержании плазмы [6], в которой и происходит термоядерный синтез. В современных установках она удерживается магнитным полем, которое вытягивает ее в тороидальную форму [10]. Однако время существования плазмы в таком состоянии составляет доли секунды, что не перспективно для обеспечения автономии на космической станции. Чтобы увеличить этот временной

промежуток рассмотрим плазму в условиях, где она существует миллиарды лет – в звездах.

Звезды - небесные тела, гигантские светящиеся сферы плазмы. Энергия звезд рождается в их ядрах, где, соответственно, и происходят термоядерные реакции слияния ядер водорода. Для того чтобы процесс слияния происходил звезда должна иметь значительную массу, иначе сила давления, образующаяся в этих реакциях, превысит стягивающую силу гравитации и звезда разорвется. Также опасна и обратная ситуация. Проиллюстрируем это на рис. 2.

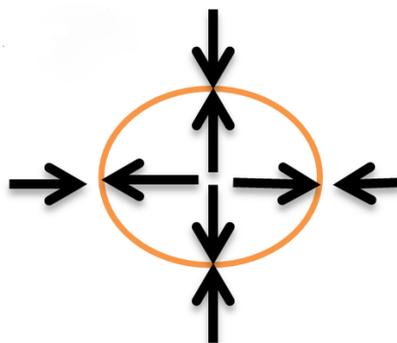


Рис. 2. Иллюстрация сил действующих на звезду

Из этого следует, что для стабильного состояния нужны сжимающая и распирающая силы.

Помимо этого звезды имеют сферическую или близкую к сфере форму, иначе силы будут иметь неоднородное распределение, что приведет к разрушению. Необходимо упомянуть, что для возникновения реакций должны выполняться два условия [9]:

1. Температура должна быть $\geq 10^7$ К
2. Давление внутри ядра должно быть $\geq 10^{18}$ Па

Так как роль сжимающей силы у звезд играет гравитация в силу их большой массы, то для использования энергии звезд на Земле она не подойдет. Однако плазма состоит из заряженных частиц, поэтому роль

сжимающей силы может взять на себя электростатическое взаимодействие. Как известно, одноименные заряды отталкиваются друг от друга, а ядра атомов водорода положительные, то создав камеру с положительным зарядом и сферическую плазму такого же заряда, можно воссоздать условия схожие с теми, что существуют в звездах. Только для этих условий нужно отойти от основного принципа плазмы – электрической нейтральности – и сделать ее положительно заряженной, то есть состоящей только из ядер атомов водорода.

Плазма может описываться уравнениями МКТ [11], основываясь на этом, найдем энергию, которая будет выделяться в реакции слияния дейтерия с дейтерием, энергию необходимую для зарядки камеры и параметры камеры. Запишем условия в таблице 1.

Таблица 1

Физическая величина	Значение
Температура (T)	10^7К
Давление (P)	10^{18} Па
Радиус плазменной сферы (r)	$0,001\text{м}$
Площадь плазменной сферы (S)	$0,00001256\text{ м}^2$
Объем плазменной сферы (V)	0.000000004м^3
Постоянная Больцмана (k)	$1,38*10^{-23}\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
Масса дейтерия (m)	$3,2*10^{-27}$
Значение заряда электрона и протона (e)	$1,6*10^{-19}\text{Кл}$

1. Из формулы давления ($P = nkT$) выразим концентрацию:

$$n = \frac{P}{kT}$$

2. Концентрация равна ($n = \frac{N}{V}$, где N и V – количество атомов дейтерия и занимаемый ими объем соответственно), тогда количество частиц находится по формуле:

$$N = \frac{PV}{kT},$$

что равно $2,89 \cdot 10^{25}$ частиц.

3. Можно посчитать массу топлива умножив массу дейтерия m на его количество, что получится 0,093 кг.
4. Чтобы найти выделяющуюся энергию нужно количество пар дейтерия умножить на энергию, выделяющуюся при одном слиянии [10]:

$$E = \frac{N \cdot 3.268 \text{ МэВ}}{2},$$

что получается $4,7 \cdot 10^{25}$ МэВ или $2,95 \cdot 10^{12}$ Дж.

5. Заряд этого шара равен произведению количества дейтерия на заряд протона e , что равно $4,624 \cdot 10^6$ Кл.
6. Так как в плазме могут находиться отрицательные частицы, то, чтобы не нарушать состояние реакции отрицательные частицы могут притягиваться к стенке камеры. Для этого ее заряд должен быть больше заряда плазмы. Пусть, заряд камеры будет равен $4,624 \cdot 10^6$ Кл.
7. Исходя из того, что плазма и камера взаимодействуют Кулоновскими силами, а сила равна произведению давления на объем, то свяжем выражения для силы и найдем радиус камеры:

$$PS = \frac{kq_1q_2}{r^2},$$

где: k – постоянная Кулона; q_1 – заряд плазмы; q_2 – заряд камеры; r – расстояние от поверхности камеры до поверхности плазмы. Тогда радиус камеры равен сумме расстояния r и радиуса плазмы, что равно 123,4 километрам. Значение большое, но увеличив значение давления (ведь давление в условиях задачи лишь минимальное значение) можно получить необходимые условия при меньших размерах. Так приняв радиус камеры за 1 метр, то опираясь на предыдущую формулу

давление будет равно $1,5 \cdot 10^{28}$ Па, а температура соответственно $3,8 \cdot 10^{16}$ К.

8. Камера представляет из себя конденсатор, состоящий из двух сфер, заполненный водой (может и другой средой с большой диэлектрической постоянной) для отвода тепла. Приведем схему установки для удержания плазмы на рис.3.

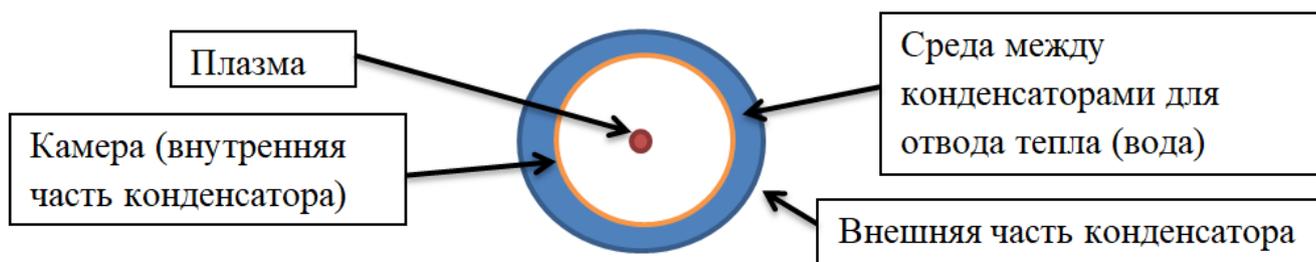


Рис. 3. Схема установки для удержания плазмы

Зазор между сферами d должен быть мал, поэтому емкость вычисляется по формуле:

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon_{\text{воды}}r^2}{d}.$$

Найдем энергию конденсатора по формуле:

$$W = \frac{q^2}{2C}.$$

Энергия равна 7 МДж. Такую энергию может восполнить плазма, чья энергия на $2,94 \cdot 10^{12}$ больше.

Таким образом, можно из 0,093 кг дейтерия получить $2,94 \cdot 10^{12}$ Дж с вычетом энергии конденсатора. Такая установка с плазмой может давать энергию как на земле (сфера размером в 1 метр), так и в космическом пространстве. Так как размер в 123 км достаточно велик на Земле, но мал для космических масштабов, то возможно создание больших установок на орбите небесных объектов для получения энергии. Также перспектива использования электростатического удержания плазмы видится в

возможности подробного изучения физических свойств звезд и, возможно, их эволюции.

В рассматриваемом космической станции-корабле данный термоядерный реактор позволит обеспечивать станцию и ее обитателей энергией долгие годы, перемещаться быстро в пространстве. Данный реактор безопасен, так как защищает людей от нейтронов, образующихся при реакции, с помощью слоя воды между обкладками конденсатора. Также, будет возможность защищать экипаж от внешних заряженных частиц своим электрическим полем и магнитным (при движении), что совпадает с аналогичной планетарной системой.

Область проживания

Комфортное существование людей невысказимо без гравитации, поэтому создание такой конструкции, на которой будет имитироваться притяжение равное земному необходимо. Существует несколько способов для создания гравитации.

Первый способ основан на больших массах, а именно сделать космический корабль настолько большим, чтобы на нем возникла искусственная гравитация. На корабле можно будет чувствовать себя комфортно, поскольку не будет потеряна ориентация в пространстве. К сожалению, этот способ при современном развитии технологий нереален. Чтобы соорудить такой объект, требуется слишком много ресурсов.

Второй способ заключается в том, что если придать кораблю плоскую форму, и заставить его двигаться по перпендикуляру к плоскости с нужным ускорением, то можно получить искусственную гравитацию. Однако стоит учесть топливный вопрос. Для того чтобы станция постоянно ускорялась, необходимо иметь бесперебойный источник питания. Вторая проблема заключается в самой идее постоянного ускорения. Согласно физическим

законам, невозможно ускоряться до бесконечности. Кроме того, такой транспорт не подходит для создания орбитальных станций.

Иным образом ведет себя способ при использовании ускорения при вращательном движении. Если заставить конструкцию вращаться, соблюдая необходимые параметры, то можно добиться создания гравитации. Данный способ подходит для решения проблемы наилучшим образом, поэтому рассмотрим его.

Для создания земной гравитации на космической станции-корабле нужно соблюсти определенные условия. Необходимо, чтобы гравитация была в зоне проживания одинакова, то есть скорости вращения в каждой точке равны. Этого можно добиться при условии, что форма зоны проживания будет не сферической (иначе скорости вращения разных точек будут различны), а представлять кольцо.

Так как система вращается, а для комфортного пребывания необходим радиус не менее 10 метров [2], то габариты реактора – 123,4 км – удовлетворяют условию, ведь кольцо находится вне его.

Искусственные спутники Земли для стабилизации вращаются с частотой 80-100 оборотов в минуту [5], то для сохранения прочности конструкции при использовании тех же материалов частота вращения космической станции-корабля, должна быть не более приведенных значений.

Для изоляции области проживания от термоядерного реактора в целях безопасности и упрощения сборки (рассмотрим далее) отнесем его на расстояния 100 метров, тогда радиус кольца составит 123,5 км. Рассчитаем количество оборотов для данных условий по формуле центростремительного ускорения:

$$g = \omega^2 R,$$

где g – ускорение свободного падения; ω – угловая скорость; R – радиус кольца. Тогда кольцо область проживания для создания гравитации будет совершать 32 оборота в час, что согласуется с выдвинутыми условиями.

Стоит отметить, что энергия от реактора к области проживания будет передаваться с помощью радиально расположенных жестких труб. Проиллюстрируем космическую станцию-корабль на рис.4.

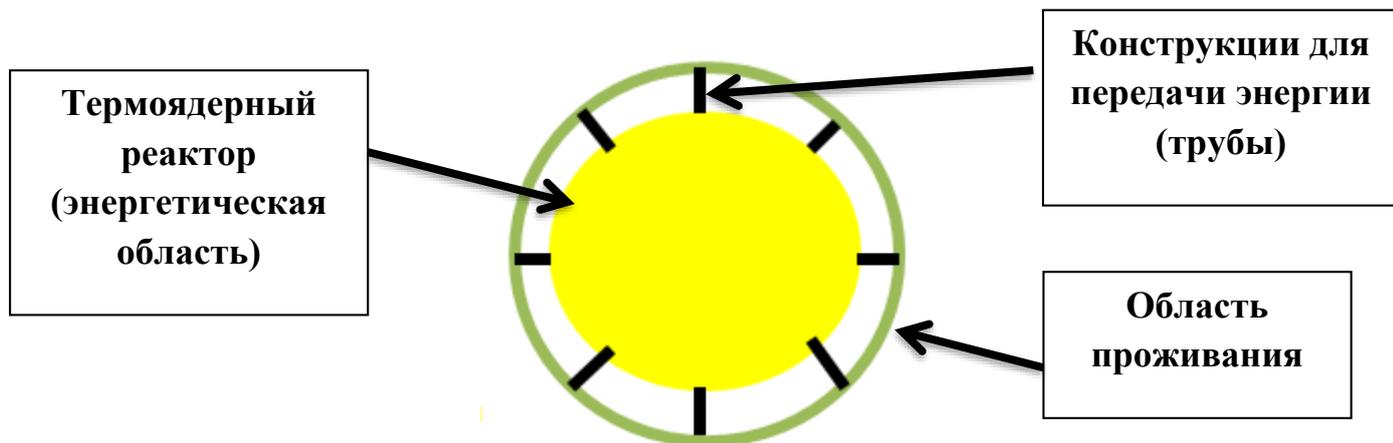


Рис.4. Схема автономной космической станции-корабля

Построение и выведение в космическое пространство

Безусловно, данная космическая станция-корабль велика, поэтому строить ее на Земле и выводить на орбиту очень трудно. Для решения данной проблемы, необходимо собирать части на Земле, затем выводить их с помощью грузовых ракет на орбиту и подобно конструктору собирать. Процесс сборки в космическом пространстве может быть автоматизирован, а может выполняться людьми, используя для временного пребывания на орбите станции типа «Салют» или «Skylab» [4]. Стоит отметить, что, используя при построении космической станции-корабля принцип сборки конструктора, удобно сделать область проживания удаленной от термоядерного реактора. Тогда, он сможет заработать раньше, чем построится первая, для обеспечения энергией при дальнейшем строительстве.

Заключение

Таким образом, в данной работе была рассмотрена космическая станция-корабль, разработанная по принципу аналогии с природой, а именно с планетарной системой, как идеальной структурой для существования людей. Также был разработан термоядерный реактор, принцип работы которого основан на аналогии со звездами (рассмотрены условия возникновения термоядерного синтеза в них). В работе выдвинуты условия для создания области проживания с расчетом ее параметров и рассмотрены вопросы построения и выведения в космическое пространство станцию-корабль.

Данная космическая станция-корабль позволит не только создавать автономные орбитальные поселения, но и быть источником энергии, а также перемещать людей в пространстве. Данное сочетание перспективно для развития человеческой цивилизации.

Литература

1. Искусственная гравитация и способы ее создания. — Текст : электронный // FB : [сайт]. — URL: <https://fb.ru/article/274686/iskusstvennaya-gravitatsiya-i-sposobyi-ee-sozdaniya> (дата обращения: 14.11.2020).
2. Как создать искусственную гравитацию на космическом корабле?. — Текст : электронный // zen.yandex.ru : [сайт]. — URL: https://zen.yandex.ru/media/deep_cosmos/kak-sozdat-iskusstvennuiu-gravitaciiu-na-kosmicheskom-korable-5ee08ff162d0007fc80a4e99 (дата обращения: 14.11.2020).
3. Костылев, И. Г. Использование электростатического поля для создания условий по удержанию плазмы, сходных с условиями внутри звезд / И. Г. Костылев, В. Е. Харитонова. — Текст : непосредственный // Юный

- ученый. — 2020. — № 8 (38). — С. 57-59. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/38/2147/> (дата обращения: 10.01.2021).
4. Орбитальная станция. — Текст : электронный // Wikipedia : [сайт]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Орбитальная_станция#Список_орбитальных_станций (дата обращения: 10.01.2021).
 5. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСТРОЙСТВО РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ СПУТНИКОВ. — Текст : электронный // lib.qrz.ru : [сайт]. — URL: <https://lib.qrz.ru/node/1365> (дата обращения: 14.11.2020).
 6. Плазма. — Текст : электронный // Wikipedia : [сайт]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Плазма#Определение_плазмы (дата обращения: 02.07.2020).
 7. Планетная система. — Текст : электронный // Wikipedia : [сайт]. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Планетная_система (дата обращения: 10.01.2021).
 8. Преимущества термоядерной энергетики. — Текст : электронный // world of science : [сайт]. — URL: <http://worldofscience.ru/fizika/1614-preimushchestva-termoyadernoj-energetiki.html> (дата обращения: 02.07.2020).
 9. Румянцев, А. Ю. *Астрономия: Учебно-методическое пособие для преподавателей астрономии, студентов педагогических вузов и учителей средних учебных заведений* / А. Ю. Румянцев. — Магнитогорск : Магнитогорский государственный университет, 2003. — 312 с. — Текст : непосредственный.
 10. Управляемый термоядерный синтез. — Текст : электронный // Wikipedia : [сайт]. — URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Управляемый_термоядерный_синтез#Реакция_дейтерий+_третий_\(Топливо_D-T\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Управляемый_термоядерный_синтез#Реакция_дейтерий+_третий_(Топливо_D-T)) (дата обращения: 02.07.2020).

11. Янин, С. Н. Лекции по основам физики плазмы. Часть 1 / С. Н. Янин.
— Томск : Томский политехнический университет, 2012. — 78 с. —
Текст : непосредственный.