

HIGH FRONTIER 4 ALL MODULE 1:

TERAWATT & FUTURES



BY PHIL EKLUND & JEFFREY CHAMBERLAIN

High Frontier 4 Module for 1 to 5 players

Updated Feb, 2021.

1A. Модуль 1

В этом модуле представлены две новые колоды патентов: Freighters (Грузовые суда) (**1B**) и GW/TW Thrusters (ГВт/ТВт двигатели) (**1C**). Грузовики — это новый тип карт патентов, позволяющий перевозить ценные товары с фабрик обратно на LEO. ГВт/ТВт двигатели — это более мощные и эффективные версии МВт двигателей основной игры, позволяющие вашему космическому кораблю легче достигать отдаленных планет. Этот модуль также дополнительно вводит Futures (Проекты), специальные игровые цели для получения победных очков.

- a. На обложке** изображен двухступенчатый космический корабль «Дедал», разработанный Британским межпланетным обществом. Он имеет полную массу 1350 и сухую массу 100. Мощность первой ступени составляет 40 ТВт.

1A1. Компоненты Модуля 1

- 1 Коробка
- 1 Буклете правил
- 5 Расширенный игрового планшета
- 5 Деревянных кубиков (12 мм, в 5 цветах) для Грузовых кораблей
- 30 Золотых пластиковых бусин для изотопов FT
- 10 деревянных звезд для Проектов
- 8 Деревянных брусков для космических лифтов
- 7 Карт ГВт/ТВт двигателей
- 7 Карт грузовых кораблей
- 4 зипплока

1A2. Подготовка Модуля 1

Подготовка осуществляется в соответствии с базовой подготовкой (**C**), за исключением этапа подготовки патентных колод (**C4**), включающего карты Freighter и карты двигателей GW/TW в качестве двух дополнительных колод патентов с черной стороной вверх. Выдайте каждому игроку его большой деревянный куб в качестве Фигурки грузовика.

- a. Карты Freighter и карты GW/TW Thruster** с одной стороны черные, а с другой фиолетовые. Они формируют свои собственные колоды — колоду грузовых кораблей и колоду двигателей, исследуются, как и все карты патентов, но могут попасть на карту только через внеземное производство.

- b. Выберите продолжительность игры и Проекты.** Во время размещения Диска возраста (**C1**) размещайте Диски возраста в соответствии с желаемой продолжительностью игры: короткая (4 диска для 48-летней игры, как и основная), средняя (5 дисков для 60-летней игры), или Проекты (7 дисков для игры 84 года, обязательно, если вы играете с Проектами **1D**).
- c. Выберите "Быстрый старт".** При игре в 60-летнюю игру или дольше, или при игре с более чем 3 игроками рекомендуется вариант быстрого старта (**V1**).
- d. Дополнительный маркер полной массы.** Каждый игрок добавляет в свой резерв 1 серый/золотой маркер полной массы (из основной игры).

1A3. Модуль 1 Последовательность игры

ПРИМЕР [1A3]

Во время Вашего хода. Вы можете в любом порядке выполнять свою Операцию, перемещать свой большой грузовой корабль, выполнять свободные действия, перемещать свою ракету и перемещать мобильную фабрику (или фабрики).

Ничего не меняется по сравнению с основными правилами (**D**). Однако базовые правила позволяли использовать только один стек космических кораблей — Ракету. В модуле 1 у вас может быть до двух: ваша ракета (которая может приводиться в движение двигателями MW или новыми двигателями GW/TW) и грузовой корабль. Кроме того, если вы усовершенствуете свой грузовой корабль (**1A5**), все ваши кубы становятся космическими кораблями, называемыми Мобильными Фабриками. Вы можете переместить каждый из этих космических кораблей один раз за свой ход в любом порядке, выполнить Операцию (любое количество свободных действий).¹

1A4. Предел карт Freighter и GW/TW Thruster

Вы можете владеть только одним грузовым кораблем и одной картой двигателя GW/TW. Вы не можете инициировать или участвовать в исследовательском аукционе (**I2**) для второго грузового корабля или второго двигателя GW/TW, если они уже существуют либо в вашей руке, либо в одном из ваших стеков.²

1 ТЕРАВАТТ— это триллион ватт. Сколько это? В настоящее время все генераторы электроэнергии в мире вместе взятые производят 15 ТВт, что примерно соответствует мощности одного ТВт-двигателя. Ракеты — пожиратели энергии.

2 ПУТЕШЕСТВИЕ К ТНО. В отличие от межпланетных полетов во внутренней Солнечной системе, где преобладает гелиоцентрическая гравитация, влияние Солнца незначительно для путешествий между ТНО (Транснептуновыми объектами). Эти объекты врачаются настолько неторопливо, что дельта-у между ними составляет менее 1 скигания, и для игровых целей они считаются зафиксированными на месте. ТНО в игре в основном находятся в поясе Койпера примерно в 40-45 а.е. от Солнца, и игрой предполагается, что все они находятся в небольшом секторе этого пояса в 20 а.е. друг от друга, в «течени» Нептуна. Предположим, ваше путешествие начинается в барицентре Плутона/Харона, а пунктом назначения является другой ТНО, скажем, Гуйя. Сначала вы пролетите 4 точки скигания, а израсходованное топливо соответствует разгону до крейсерской скорости 10 км/сек. Затем вы летите в течение 9 лет, останавливаясь на каждой поворотной точке Гомана. Каждый из этих поворотов проходит 2 а.е. Следующие 4 точки скигания представляют собой торможение до остановки в Гуйя, заканчивающейся LHO (Низкая Орбита Гуйя). Предположим, вы торопитесь и останавливаетесь только на 5 точках Гомана. На преодоление других 4 поворотов вы тратите топливо, 2 скигания на поворот, всего 16 точек скигания, что вдвое больше, чем 9-летнее путешествие. Это реалистично имитирует круиз со скоростью 20 км/сек между Плутоном и Гуйя. Путешествие за пределы пояса Койпера и гелиопаузы предполагает скорость 100 км/сек. Последние 10 скиганий представляют собой либо замедление до остановки в Седне, либо ускорение для совершения выхода из Солнечной системы в межзвездное путешествие.

ПРИМЕР [1A4]

У вас есть двигатель GW (двигатель Зубрина на соленой воде), но вы хотите приобрести новый, способный заправляться на вашем Бернale в области Н. Таким образом, вы списываете двигатель на соленой воде и сбрасываете его со своей руки (G6). Теперь вы можете сделать ставку на новый двигатель GW.

1A5. Усовершенствования (новая Операция)

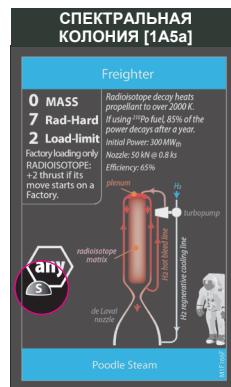
Эта Операция, которая переворачивает стопку карт улучшенной Фиолетовой стороной, является общей для Модулей 1 и 2. Каждая карта с Фиолетовой стороной имеет значок купола слева от треугольника Тяги, который указывает тип Колонии, в которой она находится. Чтобы использовать операцию усовершенствования, неусовершенствованная карта ([Бернал](#), [Колонист](#), Грузовик или двигатель GW) должна находиться либо в усовершенствованной колонии, обозначенной значком купола, [либо в лаборатории](#):

- a. **Усовершенствованная колония** — это Колония в области типа, обозначенном значком купола на карте. Есть 5 типов:
 - Спектральная колония, если указан спектральный тип (D, H, S и т. д.).
 - Подводная колония (значок волны, см. глоссарий).
 - Астробиологическая колония (значок листа, см. глоссарий).
 - Атмосферная колония, если она находится на месте со значком облака (см. глоссарий).
 - Толкающая колония, отмеченная значком толчка ► (в гелиоцентрических зонах Земли, Венеры или Меркурия, плюс Ио).

ПРИМЕР [1A5a]

Вы строите толкающую колонию на северном полюсе Меркурия. Это усовершенствованная колония для вашего грузового корабля, поэтому вы используете его, чтобы отправить свою команду на Меркурий, использовать двигатели своего экипажа, чтобы поднять грузовой корабль на поверхность, и выполнить операцию усовершенствования, чтобы перевернуть карту грузового корабля на ее фиолетовую сторону.

- b. **Место усовершенствованной лаборатории (модуль 2).** Усовершенствованный и поставленный на якорь Бернал всегда является действительной усовершенствованной колонией для карт колонистов, грузовых кораблей и двигателей GW ([2A3c](#)).
- c. **Переговоры.** Для повышения Колония должна быть либо вашего цвета, либо цвета противника в ходе согласованной операции на месте ([N6](#)).
- d. **Вывод из эксплуатации усовершенствованных карт.** За исключением продажи роботов ([2C2a](#)) и передачи роботов ([Nb](#)), фиолетовые карты не могут быть проданы на свободном рынке (I3b) или включены в передачу стеков ([N3](#)). Их можно принудительно вывести из эксплуатации, но см. ([1B7](#)) и ([2C2](#)). Их можно добровольно вывести из эксплуатации ([преступление для колонистов-людей](#)), а затем продать или передать из вашей руки ([кроме колонистов-людей](#)). Они возвращаются в игру, чтобы играть на своей Белой или Черной стороне, будучи усиленными ([Берналы](#)), изгнанными ([люди-колонисты](#)) или произведенными за пределами Земли ([роботы](#), грузовые корабли и двигатели GW).



ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:
Фиолетовая сторона содержит Проекты, которые игнорируются, если только вы не используете 1D ([1A5d](#)).

ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:
при попытке совершить
Проект, неудачный бросок
на опасность убивает
обитаемый объект,
который пытался это
сделать, но не уничтожает
карту Проекта на
фиолетовой стороне.
[1A6a]

1A6. Эпическая опасность (новая Операция)

Чтобы построить космический лифт (1B9) или выполнить любой Проект, чтобы получить жетон звезды Проекта (1D2a), спецподразделению необходимо выполнить операцию эпической опасности. В случае с космическим лифтом спецподразделением является куб фабрики, грузовика или мобильной фабрики. В случае Проекта — карта Экипажа или Колонист.

- Бросок эпической опасности.** Эта операция требует броска на опасность. Вы можете избежать этого броска, заплатив FINAO. Если вы провалите бросок, выкинув "1", космический лифт не будет построен или оранжевая звезда не будет получена, а отряд, использованный для выполнения операции эпической опасности, будет вынужденно выведен из эксплуатации.
- Успешные эффекты.** См. 1B9 (Космический лифт) или 1D2 (Проекты).

1A7. Нанофабрики (новая Операция, необходим Модуль 2)

Ваш зажореный Бернал может производить свою собственную мобильную фабрику. Если у вас есть усовершенствованный грузовой корабль, вы можете создать эту мобильную фабрику (маленький куб), выполнив операцию нанофабрики на зажоренном бернale (но не домашнем Бернale). Это выводит из эксплуатации работающего робота, фабрику и их цепи оборудования (включая радиаторы), а также размещает куб мобильной фабрики в Бернale.

ПРИМЕР[1A7]

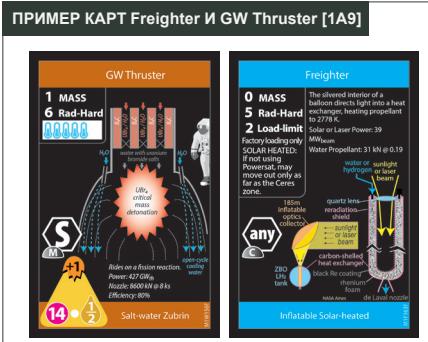
Вы превратили свой грузовой корабль в грузовой корабль с D-нанотрубками и переместили фабрику и робота, а также их цепи оборудования (генератор, реактор и радиатор) на свой бернал, закрепленный на LMO (низкая орбита Марса). Вы выводите из эксплуатации все эти карты, создавая маленький куб в LMO.

1A8. Дополнения к основному правилу

Операция доставки (I9) не может использоваться с этим модулем.

1A9. Информация о Freighter & GW Thruster картах

Технические подробности о Freighter & GW Thruster см. в разделе 1Z настоящего свода правил.



1B. Грузовые корабли

Грузовой корабль — это космический корабль, представленный на карте фигурой грузового корабля (большой куб). Карты грузовых кораблей образуют собственную колоду патентов, и их можно исследовать в вашу руку на исследовательском аукционе (I2). Оттуда вы можете создать его на черной стороне с помощью внеземного производства (I8) в соответствии с его спектральным типом.³ Он может быть добавлен в любой стек или использован для формирования грузового стека:

- a. **Создайте грузовой стек** путем перемещения груза (**G1**), внеземного производства (**I8**) или замены стека (**G1e**). Покажите его местоположение на карте своим большим (12 мм) кубом. Поместите карту грузового корабля в слот для стека грузовых судов.
- b. **Стеки грузовых кораблей** не отслеживают топливо и перемещаются на 1 скжигание за ход (плюс облеты, толчки и движение по инерции). Они имеют минимальную массу 1 (**F2a**, относится, например, к взлету при помощи фабрики (**H6c**)).
- c. **Ограничение загрузки** — это предел массы карт, FT и мобильных фабрик, которые может нести стек грузовиков.
- d. **Усовершенствование.** Если вы усовершенствуете (**1A5**) свою карту грузовика, все ваши кубики Фабрики станут **Мобильными Фабриками**, и проекты грузовика становятся разблокированными (**1D**).
- e. **Мобильные Фабрики.** Как только вы улучшаете свою карту грузового корабля, все ваши кубики перемещаются с теми же возможностями, что и ваша карта улучшенного грузового корабля. Каждый из них становится фабрикой, как только попадает на одну из ваших Претензий. В свой ход вы можете переместить все свои кубики, не находящиеся под куполом колонии, в любом порядке..

ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:
Предельная нагрузка не включает массу самого грузового судна. [1Бс]

ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:
Мобильная фабрика, не на жетоне претензии, не является фабрикой и засчитывается в жетонах VP (M2a), но не в биржевых VP. [1Ве]

1B1. Приобретение и производство грузовиков

Freighter можно получить в свою руку, выиграв его на аукционе (I2). См. 1A4 про ограничения количества карт.

- a. **Производство.** Позже вы можете произвести его на Фабрике соответствующего Спектрального Типа. Если у Грузового судна Спектральный Тип "ANY", то это низкотехнологичный Грузовой корабль, который может быть произведен на любой Фабрике, но согласно (**I3b**) не может быть продан на свободном рынке.

3 ПАРОВЫЕ ГРУЗОВЫЕ СУДНА. Когда у вас много воды, скажем, на фабрике, как вы используете ее лучше всего? Электролиз для создания химической ракеты H₂-O₂? Самое дешевое решение — использовать паровую ракету с низкими характеристиками (удельный импульс 0,19 кс). Она будет использовать солнечный или ядерный нагрев для преобразования воды в пар с температурой 1100 К. Соотношение полезной нагрузки низкотехнологичного грузового судна может легко составлять 100:1, так что его загруженность равна 100 единицами массы воды для доставки 1 единицы массы груза. Такое судно медленное не из-за низкой тяги, а потому, что оно должно тащить за собой так много топлива, чтобы delta-v была достаточно для возвращения домой.

—Энтони Зупперо, *Как паровые ракеты могут сократить стоимость космических перевозок на огромные величины*, 1998 г.

1B2. Фигурка грузового судна

Один кубик вашего цвета больше (12 мм), чем остальные. Используйте этот кубик, чтобы указать местоположение вашего стека Freighter (1Ba), который должен содержать вашу карту Freighter. Эта карта определяет массу куба, его радиационную защиту и предельную загрузку. Уберите кубик, если вам не нужен стек Freighter (потому что ваша карта Freighter является грузом или используется в качестве части цепи оборудования и т. д.). В дальнейшем вы можете использовать перемещение груза (G1), чтобы создать стек Freighter.

1B3. Стек Freighter в качестве груза

Стек Freighter может перемещаться в качестве груза как свободное действие (G1). Обратите внимание, что полная масса топлива, сухая масса и полная масса не отслеживаются в Freighter. Следующие правила должны соблюдаться в отношении груза:

- Предел загрузки.** Это число на карте Freighter указывает, какую массу может перевозить стек Freighter, не считая массы самой карты Freighter.
- Только загрузка на фабрике (Factory Loading Only).** Грузовой корабль с соответствующим текстом может добавлять карты в свой стек только на фабрике или якорном берегу, которые не находятся на его домашней орбите (из-за нехватки воды вокруг Земли). Изменение расположения карт с помощью перемещения груза (G1) разрешено в любом месте, как обычно.

Ваш inflatable solar-heated грузовой корабль, доставляет на LEO черную карту, которую вы продаете на свободном рынке. Сам грузовой корабль не может быть продан, потому что он спектрального типа «ANY». Он также не может быть загружен новым грузом (его можно загрузить только на фабрике, так как на LEO нет тысяч тонн воды, которые ему понадобятся, чтобы произвести даже одно сжигание). Вы решаете вывести его из эксплуатации.



ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:

Грузовые суда, загружаемые на фабриках не очень полезны на безатмосферных областях размером 6 или больше. Они могут взлететь только будучи перевозимыми как Груз. [1B3b]

ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:

Бонусные повороты не могут быть конвертированы в сжигания или топливо. [1B4a]

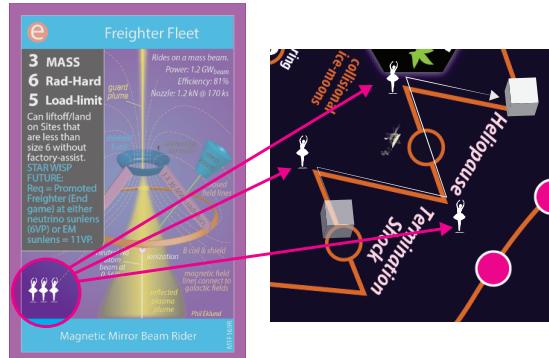
1B4. Перемещение стека Freighter

Топливо не сжигается и не отслеживается в стеке грузовых судов. Движение грузовых судов не использует топливную полосу, и раздел правил H (движение) не используется. Вместо этого стек может переместиться на 1 точку сжигания, а затем двигаться по инерции. Если его толкает Powersat, он может переместиться на 2, что позволяет ему сделать один поворот или пройти 2 ячейки сжигания. Разрешены бонусные сжигания, например, от облотов (H8). Карта грузового судна не может быть использована или активирована для перемещения чего-либо, кроме стека грузового судна, и следующие правила применимы только к стеку грузовых судов:

- Бонусные повороты.** Некоторые грузовые корабли (например, z-pinch, fusion fragment и HIIPER beam-rider) получают несколько бонусных поворотов, соответственно числу ♪ .

ПРИМЕР [1B4a]

Грузовому судну с лучевым магнитным зеркалом разрешено +3 бонусных поворотов. Его грузовой стек находится в точке termination shock на пути к Седне. Он свободно проходит через следующие 3 точки Гомана (также мимо гелиопаузы и пасхального яйца Вояджера), чтобы остановиться на четвертом повороте.



- 6. Посадка/взлет.** Грузовое судно всегда может приземлиться или взлететь с областей размера 1. Для посадки или взлета с более крупных площадок он может воспользоваться помощью фабрики (**H6c**) (но не через точки скижания при посадке) или если его чистая тяга больше размера области. Также разрешены посадки с использованием аэродорможения (**H6b**) и взлеты с использованием ацетилнового ракетоплана (**H6c**).

c. Чистая тяга. Грузовой стек имеет чистую тягу 1. Если его толкает Powersat, он имеет чистую тягу 2. Его тяга также может быть изменена определенными Способностями. Это актуально в радиационных поясах и облете Солнца с использованием эффекта Оберта (используя базовую тягу = 1). Грузовые корабли не подвержены влиянию оборудования, модифицирующего тягу (**J5d**).

d. Никаких двойных движений. См. **H1b**.

e. Вход в радиационные пояса. См. **1B6e**.

f. Вход в точки опасности. Грузовые суда подвержены опасностям (**H7**).

1В5. Бортовая ядерная поддержка

Определенные карты грузовых судов и колонистов содержат ядерные реакторы и/или генераторы и, таким образом, могут использоваться как часть цепи оборудования (J1c) в соответствии со значком их подтипа (J1a). Они также могут быть выведены из эксплуатации для поддержки оборудования, необходимого для операции индустриализации (I7).

ПРИМЕР 1 [1B5]

Ваша лунная фабрика производит rotary dirt launcher грузовой корабль, который обеспечивает электрическим "е" генератором. Луна слишком велика для взлета грузового корабля, поэтому вы также производите двигатель GW (spheromak 3He-D magnetic fusion). Генератор, необходимый для двигателя GW, предоставляется грузовым кораблем. Двигатель GW, несущий свои цепи оборудования (радиаторы и грузовой корабль), а также один бак изотопным топливом H, взлетает и летит на НОО за один ход.

ПРИМЕР 2 [1B5]

В предыдущем примере Freighter использовался исключительно как бортовая ядерная поддержка. Но предположим, что пример был на далекой площадке H, скажем, в Uranus aerostat. Двигатель GW будет использоваться только для того, чтобы Freighter и цепи оборудования были использованы на преодоление трех точек сжигания. Затем его можно будет вывести из эксплуатации для использования в другом месте, оставив Freighter для доставки поддержки lack-Side обратно на Землю для продажи.

1B6. Усовершенствование грузовых кораблей и Мобильные фабрики

Чтобы перевернуть построенную карту Freighter на фиолетовую сторону, выполните операцию усовершенствования (1A5). Усовершенствование является постоянным. После усовершенствования ваша карта Freighter становится "флотом грузовых судов", который затем "превращает" все ваши кубики на поле (большие и маленькие) в **Мобильные Фабрики**. Как Мобильные Фабрики, все ваши Фабрики (большие и маленькие кубики) теперь могут двигаться как ваш Freighter и создавать фабрику, приземляясь на одну из ваших Претензий. Это изменение происходит в тот момент, когда карта Freighter усовершенствуется.

ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:
Если вы усовершенствуете свой Freighter, каждый из ваших кубов фабрик сможет двигаться так же, как ваш большой куб.
[1B6a]

a. Возможности. Ваши малые кубы теперь обладают всеми характеристиками карты Freighter, включая массу (актуально, если куб перевозится в качестве Груза), радиационную защиту, дополнительные повороты и бортовую ядерную поддержку. Ваши малые кубы не могут перевозить Груз (параметр Грузоподъемности не применяется) или использовать [Проекты вашего грузового корабля](#).

- **Стеки.** Мобильная фабрика может быть добавлена или убрана из стека в качестве груза, используя перемещение груза (G1).

b. Посадка и взлет с помощью мобильной фабрики. Чтобы приземлить или поднять Претензию без Фабрики, куб Мобильной Фабрики может использовать помощь Фабрики (**H6c**), используя себя в качестве Фабрики. Претензия может быть как вашей, так и противника и должна находиться в Области размера 5 или меньше (потому что все Области размера 6+ имеют точки сжигания при посадке). См. исключение ракетоплана ниже.

- **Приземлившись на Неиндустриализированной Претензии,** поместите куб Мобильной фабрики на верхнюю часть диска претензии.
- **Приземлившись на ИндустрIALIZированной Претензии** (или Претензии другого игрока), поместите куб Мобильной фабрики рядом с диском Претензии, чтобы указать, что он не является частью этой Претензии и не может использоваться для внеземного производства, создания колонии или изменения цен на акции фабрики.⁴

4 ПРЕТЕНЗИЯ — это нечто большее, чем просто флаг или следы, она включают в себя значительную горнодобывающую инфраструктуру, а также посадочные и стартовые площадки, способные вместить мобильные фабрики.

- **Ацетиленовые ракетопланы.** Грузовое судно или передвижная фабрика в атмосферной Области с Претензией могут использовать ацетиленовый ракетоплан для взлета (**H6c**), потратив указанную стоимость воды из FT, хранящихся в Области.
- c. **Размещение или закрытие фабрики.** Ваша мобильная фабрика является фабрикой, только если она находится на вашем диске Претензии. Перемещение куба на или с вашей собственной Претензией немедленно размещает или закрывает фабрику, корректируя соответствующий трек эксплуатации (**I7d**). **Вы не можете бросить Планетарную Фабрику, если это оставляет Бернал без Планетарной Фабрики.**
- Когда последняя фабрика спектрального типа закрывается, цена акций становится 10.

ПРИМЕР [1B6c] Вы производите продукт С на Фабрике на Айксфельдии и используете обмен большого куба (**1B8**), чтобы превратить его в Грузовой корабль. Астероид имеет размер 4, поэтому вы используете помощь фабрики, чтобы запустить карту Грузовой корабль и его Груз, который пролетает точку сжигания рядом с Вестой. Трек Эксплуатации для Сокращается на единицу.

- d. **Колонии.** Любая мобильная фабрика, большая или маленькая, может быть колонизирована. Поскольку колонии являются постоянными (**G6b**), мобильные фабрики не могут взлетать или закрываться или быть добровольно выведены из эксплуатации, если они находятся на диске Претензии, на котором есть колония.
- e. **Вспышки и радиационные пояса.** Каждый куб Мобильной фабрики имеет радиационную защиту, равную радиационной защите вашей карты Грузового судна, что делает его уязвимым для Солнечных вспышек (**K2d**) и бросков пояса (**H10**). Если маленький куб проваливает бросок, он сбрасывается. Если большой куб проваливает бросок, см. выведение Грузового судна из эксплуатации (**1B7**). Если карта, переносимая в Стеке Грузового судна, проваливает бросок, вся стопка получает сбой вместо выведения из эксплуатации и с ней ничего не происходит, если она уже имеет сбой.
- f. **Взрыв площадки.** Мобильная фабрика невосприимчива к взрывам площадки/космическому мусору (**K2c**).
- g. **Создание мобильных фабрик** осуществляется путем операций по индустриализации или нанофабрик (**1A7**).

1B7. Выведение Грузового судна из эксплуатации

Если ваш усовершенствованный Грузовой корабль будет выведен из эксплуатации (**1B6e**), сбросьте его Фигурку (большой куб). выведите из эксплуатации любой Груз или преобразуйте его в Стек Аванпоста (**E6**). Затем выполните следующие действия:

- a. **Усовершенствованный вывод из эксплуатации.** Если ваша карта усовершенствованного Грузового судна выводится из эксплуатации, сбросьте все маленькие кубики, не находящиеся на дисках Претензий, за исключением того, что вы можете заменить один из своих маленьких кубиков на карте большим кубом. Он становится новым местоположением вашего Стека Грузового судна, а карта усовершенствованного Грузового судна остается в слоте Грузового судна на вашем игровом планшете. В качестве альтернативы вы можете оставить фигурку Грузового судна в резерве и вернуть карту Грузового судна в руку.
- Если это новое место — фабрика, трек эксплуатации остается неизменным.

- Если это новое местоположение — колония, ваш грузовой корабль не может взлететь, поскольку колонии постоянны.
 - **Проекты. Вывод из эксплуатации грузового судна не лишает его звезды (1D2a), если она уже заработана.**
- 6. Неусовершенствованный вывод из эксплуатации.** Если ваш Грузовой корабль еще не усовершенствован, ваша фигурка Грузового корабля остается в вашем резерве, и вы возвращаете карту Грузового корабля в свою Руку.

Ваш Стек Грузового корабля перемещается в ваш домашний Бернал и вы хотите продать на свободном рынке его карту груза. Корабль спектрального типа «ANY», поэтому груз не имеет ценности на свободном рынке, и вы выводите его из эксплуатации. Корабль не усовершенствован, поэтому он попадает в вашу руку.

1B8. Обмен большого куба (новое бесплатное действие)

В качестве бесплатного действия (**G**), когда ваш усовершенствованный Грузовой корабль не несет никаких карт, вы можете поменять его большой куб с любым маленьким кубом на карте. Это не использует возможность движения вашего Грузового корабля в рамках хода⁵

ПРИМЕР [1B8] Ваш усовершенствованный Грузовой корабль только что доставил продукт на LEO. Вы меняете большой куб на LEO на свой маленький куб на Церере. Это волшебство было совершено с помощью силы 3D-печати.

1B9. Космические лифты

Космический лифт⁶ — это кабель, который можно построить между двумя точками карты, как указано на карте значком космического лифта. Чтобы построить космический лифт, одно из мест должно быть индустриализировано, а на другом у вас должен быть куб (фабрика, грузовое судно или Мобильная Фабрика). Затем вы должны выполнить операцию эпической опасности (**1A6**), и, если ее бросок успешен, поместите деревянный брускок лифта над значком карты.

5 ОБМЕН БОЛЬШОГО КУБА представляет собой использование 3D-принтера для перестройки мобильной фабрики в грузовое судно. По сути, его корпус перестраивается в грузовой отсек с использованием существующего материала. В конце "замены" должно остаться два грузовых судна с грузовыми отсеками. Но из-за ограничений логистики у вас может быть только одно грузовое судно, поэтому старое возвращается в мобильную фабрику.

6 КОСМИЧЕСКИЙ ЛИФТ — это трос, поддерживаемый вертикально центробежной силой от экватора в глубокий космос. Он сужен, чтобы выдерживать собственный вес по всей своей длине. Вариантом является трос, сброшенный с удобной приливно-замкнутой луны, где сама луна является источником строительных материалов и действует как противовес. Поскольку луна вращается с несколько иной скоростью, чем поверхность, конец на поверхности представляет собой крюк или ковш, который перемещается через атмосферу большого мира с заметным сопротивлением и тепловой нагрузкой. Сопротивление снижает высоту луны на незначительную величину. Робонавты-альпинисты привозят добытый материал из любого мира, после чего его можно доставить дальше при помощи электромагнитной катапульты.

—Пенуар и Сэндфорд, *Космическая линия, практическая альтернатива космическому лифту, достижимая при использовании современных технологий* (черновик).

- a. Местоположение лифтов** указано на карте: Луна (плато Аристарха/ точка Лагранжа L1),⁷ Марс (пещеры горы Арсия/ Фобос), Сатурн (аэростат/Прометей), Уран (аэростат/Корделлия),⁸ Нептун (аэростат/Деспина), Плутон/барицентр, Харон/барицентр и Хаумеа/барицентр.⁹
- б. Претензии.** Строительство космического лифта автоматически создает Претензию в любой никому не принадлежащей области, к которой он присоединяется, даже если на ней лежит красный диск (замените красный диск на свой собственный). Если на присоединенной области лежит чужая Претензия, эта заявка сохраняется, если только не применяется замена Претензии (**G4**).
- с. Преимущества.** В качестве бесплатного действия любой игрок, владеющий соединенной фабрикой, может осуществлять перемещение груза (**G1**) между любыми из соединенных Областей. Он может договориться об этой привилегии для других.

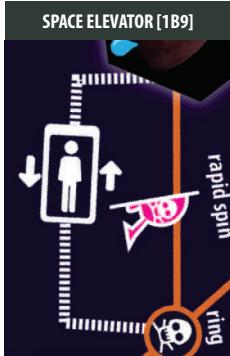
ПРИМЕР [1B9c] Вы индустриализировали пещеры Арсия на Марсе и переместили Мобильную Фабрику на Фобос. Выполнив операцию эпической опасности и заплатив программистам FINAO, , вы построили Марсианский Космический Лифт. Поместите бруск лифта.

- d. Победные очки в конце игры.** Если Фабрика соединена с Космическим Лифтом, цена акций этой фабрики (**M2b**) удваивается, независимо от того, кто построил Космический Лифт. Строительство Космических Лифтов дает дополнительные ПО в бобовом стебле будущего (**1D4d**, **1D5l**).
- e. Космический лифт GEO.** Космический лифт на Земле может быть построен только путем закрепления лифта на Бернале (модуль 2, **2B4i**) на домашней орбите GEO. Для этого закрепления не требуется броска эпической опасности или других требований.
- f. Уничтожение.** Космический лифт уничтожается, если в конце хода ни один из его концов не индустриализирован, за исключением того, что бруск лифта на GEO не удаляется, если его Бернал добровольно снимается с якоря.

7 ЛУННЫЙ БОБОВЫЙ СТЕБЕЛЬ объединяет лунные космические лифты с робонавтами, работающими на солнечной энергии, — систему для добывчи лунных ресурсов. Ленточный космический лифт, изготовленный из существующих высокоточных композитов, сбалансирован относительно точки Лагранжа Земля-Луна L1 на ближней стороне Луны и соединен с поверхностью путями, ведущими к лунным местам добычи полезных ископаемых. Расчетная мощность составляет 84 тонны (1 Масса) лунного реголита на ГСО в год.
— Пирсон, Левин, Олдсон, Уайкс, *Лунные космические лифты для освоения цислунарного пространства*, 2005.

8 КОЛЬЦЕВОЙ ПЛАНЕТАРНЫЙ БОБОВЫЙ СТЕБЕЛЬ. Материал колец представляет значительную опасность для космических лифтов на таких планетах, как Сатурн или Уран, где наиболее подходящие луны лежат сразу за несколькими кольцевыми системами. Построй башня на северном полюсе Прометея (на Сатурне) или Корделлия (на Уране), лифт, как можно надеяться, сможет избежать разрушительных ударов. Лента из «колossalных углеродных трубок» будет весить 440 тонн, или Массу 10. Доставка чистого термоядерного топлива гелия-3 на Землю оценивается в 20 тонн в год.
— А. М. Хайн, *Проект Икар: Разработка архитектуры добычи атмосферного гелия-3 на внешних газовых планетах Солнечной системы для исследования космоса и генерации энергии*, 2010.

9 ХАУМЕА вращается каждые 3,9 часа, достаточно быстро, чтобы изменить свою форму в трехосный эллипсоид. Космический лифт, закрепленный на ее врачающемся экваторе, не нуждается в противовесе. Это вращение, по-видимому, является наследием удара, который создал семейство Хаумеа, а также кольца и луны Хаумеа.



СОВЕТ: Марс может стать ловушкой для "муравьиных львов", если вы не построяте космический лифт на Фобосе! Часто бывает легко построить грузовой корабль с нулевой массой на Марсе и отправить его на Фобос с помощью ракетоплана. С заводом в пещерах Арсия и грузовым судном на Фобосе (даже если на Фобосе лежит красный диск), вам понадобится всего лишь эпический бросок на опасность, чтобы построить лифт и создать свою "Марсианскую компанию по производству бутылированной воды". [1B9]

1C. ГВт\ТВт Двигатели

ЗАКОН ДЖОНА: "Любой хороший межзвездный двигатель можно использовать в качестве оружия массового поражения."

Гигаваттный (ГВт) или тераваттный (ТВт) двигатель не может заправляться с помощью жидкого или твердого топлива; он может заправляться только на заводе в Области со спектральным типом, соответствующим его изотопу топлива, или вашими изотопными FT (желтые шарики), полученными из такой Области. Если используется для форсажа, потратьте один шаг топлива, чтобы получить один терм охлаждения плюс дополнительную тягу, указанную на значке форсажа ГВт (1C2). В остальных случаях они создают ракетные стеки, двигаются и скигают топливо как двигатели МВт в основной игре.¹⁰

а. Устройства, модифицирующие движение. Если двигатель GW/TW активирован, то на движение не влияют устройства, модифицирующие движение (J5d).¹¹

б. ISO-стандарт. Пока вы не исследовали и не произвели двигатель GW (или иным образом не разместили его в космосе), вы не можете производить изотопные FT. После этого все производимые вами изотопные FT считаются имеющими этот спектральный тип (называемый вашим ISO-стандартом (ISO — международная организация по стандартизации) и могут быть произведены только на соответствующем типе Фабрики. Вы не можете исследовать или производить двигатель GW/TW, если он у вас уже есть. После того, как вы установили свой ISO-стандарт, его можно изменить, только если вы купите или произведете новый двигатель GW после продажи или потери вашего текущего двигателя GW/TW.¹²

10 ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ высвобождается либо путем деления, либо путем синтеза. Для деления применяются уран, торий и плутоний, в то время как для синтеза используют изотопы водорода, гелия, лития и бора. Удельная энергия ядерного топлива, используемого в игре, составляет: синтез $^6\text{Li}-\text{H}$ и $\text{H}-\text{B} = 73 \text{ ТДж/кг}$, деление урана = 82 ТДж/кг , синтез D-T, $^3\text{He}-\text{D}$ и D-D = 345 ТДж/кг . Энергия химического топлива, используемого в игре, в миллион раз ниже: метастабильный He = 477 МДж/кг и $\text{H}_2-\text{O}_2 = 14 \text{ МДж/кг}$. Положительный заряд ядер термоядерного топлива создает межядерную силу отталкивания, которая должна быть преодолена за счет температуры и времени удержания, чтобы они слиплись вместе. Таким образом, для получения выделяющейся энергии требуется входная энергия, а отношение тепловой энергии, полученной в результате синтеза, к энергии, вложенной для поддержания реакции, называется добротностью реактора. В момент воспламенения параметр добротности стремится к бесконечности.

11 ЦЕПЬ ОБОРУДОВАНИЯ ГВт РЕАКТОРА. Реакторы в игре вырабатывают несколько сотен МВт тепловой мощности, достаточной для питания двигателей MW. Но недостаточной для питания двигателя GW/TW. Фактически, цепь оборудования реактора для двигателей GW/TW в игре используются не как источники энергии, а как инициаторы для первичной ядерной энергетической цепи. Например, он может представлять собой лазер MW, который инициирует реакцию термоядерного синтеза GW. Отношение произведенной мощности термоядерного синтеза к мощности инициатора называется Q-фактором (добротностью).

12 ГВт ДВИГАТЕЛИ скигают чистое ядерное топливо без добавления топлива или охладителя открытого цикла. Таким образом, горевшее топливо становится пропеллером (в этом они похожи на химические ракеты). Топливо для синтеза или деления — это редкие изотопы, которые должны быть очищены путем разделения изотопов. Игра делает следующие (спекулятивные) предположения о том, где найти эти редкие изотопы: топливо для синтеза бор-11 на мирах D, топливо для синтеза тритий и гелий-3 на мирах H, топливо для деления кюрий-245 и свинец (полезный в качестве термализатора антиматерии) на мирах M, топливо для деления уран-235 на мирах S и топливо для синтеза литий-6 на мирах V.

1C1. Топливо для ГВт\ТВт Двигателей

ГВт Двигатель может заправляться только путем передачи груза (**G1b**) с использованием ваших изотопных FT или с помощью заправки на Фабрике (**I5b**). Однако спектральный тип Фабрики должен соответствовать спектральному типу двигателя GW/TW. [Заправка при помощи фабрики также может производиться в вашем Бернале, если у него есть ваша Планетарная Фабрика с соответствующим спектральным типом.](#)

- a. **Заправка изотопным топливом в Области.** Во время заправки на фабрике (**I5b**) скорость заправки изотопным топливом ограничена 1 изотопным баком (желтая бусина) на операцию по заправке на фабрике, если не указано иное (Проекты, Способности колонистов и т. д.).
- b. **Маркер полной массы.** Двигатель GW/TW использует желтый маркер полной массы, чтобы показать, что он работает на изотопном топливе. Космический аппарат, использующий изотопное топливо, не может использовать топливо более низкого качества, такое как жидкое (**F4b**), или изотопное топливо, которое не соответствует спектральному типу его двигателя GW/TW.
- c. **Определение спектрального типа изотопного топлива.** Вы можете иметь только один двигатель GW/TW либо в своей руке, либо в стеке одновременно, а спектральный тип этой карты определяет спектральный тип всего изотопного топлива, которое вы можете производить, переносить и складировать в виде изотопных FT (**I5b**).¹³ Вы не можете хранить более одного типа изотопного топлива.
 - **Свободный рынок двигателей GW/TW.** Если ваш двигатель GW/TW возвращается в патентную колоду, все ваши изотопные FT (золотые бусины) остаются. Они преобразуются в ваш новый спектральный тип, если вы получаете новый двигатель GW/TW

ПРИМЕР 1 [1C1c] Ракета с **GW dense plasma focus** находится на заводе на Гидре, спутнике Плутона спектрального типа D. Заправка на фабрике дает один бак изотопного топлива D.

ПРИМЕР 2 [1C1c] Игрок строит двигатель **Spheromak GW** на аэростате Урана, газовом гиганте спектра H. Он строит ракету с сухой массой 6 (включая оборудование) и в течение 3 ходов заводской дозаправки загружает в нее 3 бака изотопного топлива H (гелий-3). Ракета теперь относится к транспортному классу, поэтому даже с форсажем +6 чистая тяга (12 - 1 = 11) недостаточна для взлета с Урана (размер 11). Ракета не может использовать стандартный взлет с помощью фабрики, потому что она входит в режим посадочного модуля (G3b). Она могла бы использовать ацетиленовый ракетоплан, но это будет стоить 18 FT (на аэростате Урана) и бросок на опасность. Вместо этого игрок решает сбросить одну ступень топлива и использовать форсаж, чтобы перейти в класс разведчика и получить чистую тягу 12.

13 ТЕРМОЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО — это баланс между тем, сколько нейтронов оно производит (плохо) и насколько низка его температура воспламенения (хорошо). См. скноу 19 (Термоядерное топливо для звездолета).

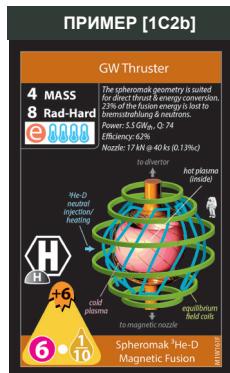


1C2. Форсаж ГВт\ТВт Двигателей

Как указано на значке форсажа, некоторые двигатели GW/TW могут применять форсаж во время активации (**H2**).

Это расходует одну ступень топлива и увеличивает чистую тягу на значение, показанное на значке пламени,^{14 15} а также обеспечивает один терм охлаждения.

- Форсаж разных типов двигателей.** Значок форсажа на двигателе GW/TW содержит «+X», где X — это увеличение чистой тяги, всегда за счет расхода одного шага изотопного топлива. Обратите внимание, что это сильно отличается от форсажа с использованием двигателей MW (**H3a**), который всегда ограничен приростом чистой тяги +1.
- Охлаждение открытого цикла.** Форсаж GW/TW двигателей обеспечивает один терм охлаждения, точно так же, как форсаж MW (**H3a**).¹⁶



ПРИМЕР [1C2b] Двигатель Spheromak GW имеет треугольник тяги $6 \cdot 1/10$. Этот корабль класса транспортник, поэтому модификатор полной массы равен -1. Расходя одну ступень топлива для форсажа +6, чистая тяга увеличивается до 11, что позволяет ему приземляться на площадках (о включительно) размера 10.

Расходя одну ступень топлива, космический корабль может пройти через 10 точек сжигания (или 5 поворотов), а расходя ступень топлива для форсажа в начале движения, он может приземлиться на планете размером с Луну или Ганимед.

14 РАСКАЛЕННАЯ ТКАННАЯ БУМАГА. "Единственный известный метод долгосрочного рассеивания большой мощности в космос — это тепловое излучение. Резкое шестикратное уменьшение массы с температурой радиатора — сильная мотивация для работы при очень высоких температурах. Экипаж и грузовые помещения... придется охладить, но остальная часть корабля будет нагреваться. При низких значениях ускорения, которые мы будем использовать, корабль может иметь чрезвычайно хлипкую конструкцию — для наивысшей производительности нам нужен корабль из "раскаленной тканной бумаги". — Джон Тренхолм, 2003 г.

15 РАДИАТОРЫ GW/TW. При использовании для охлаждения двигателей GW радиаторы, как предполагается, отводят тепло при 1427 К и 240 МВт/терм. Для двигателей MW это 1200 К и 120 МВт/терм. Двигатели TW нагреваются еще горячее до 2000 К и 960 МВт/терм. Вся ракета раскаляется добела.

16 ОХЛАЖДЕНИЕ ОТКРЫТОГО ЦИКЛА. В ракетах становится жарко, особенно в соплах и первых стенках реактора. Их можно охлаждать жидким водородом, но что делать с горячим охладителем? Вы можете повторно использовать его в замкнутом цикле, охлаждая его через акры радиаторов. Или вы можете сбросить его в сверхзвуковую область вашего сопла, чтобы присоединить к реакционной массе. Охлаждение открытого цикла удваивает тягу за счет расхода топлива. (Примечание к игре: каждая добавленная точка тяги удваивает фактическую тягу в реальных единицах. Мощность реактивной струи равна половине произведения тяги и скорости истечения топлива, поэтому удвоение тяги вдвое уменьшает скорость истечения для данного уровня мощности. Поглощаемая тепловая мощность в ваттах равна массовому расходу охладителя в кг/сек, умноженному на удельную теплоемкость охладителя (14800 Дж/кг·К для H2, умноженному на температуру (3200 К, точка плавления вольфрамовой первой стенки). Тепловые потоки в первой стенке могут достигать 12 МВт/м2. Для реакторов деления необходимо использовать изотоп 184W, который в 10 раз менее ядовит для тепловых нейтронов, чем обычный вольфрам. Чтобы отвести 120 МВт тепла (один «терм» в этой игре, требуется 2,5 кг/сек водорода. Более экзотические технологии пропускают водородный охладитель через водоворот жидкого вольфрама, позволяя температурам достигать 30 К (точка кипения вольфрама. 10-сантиметровый слой расплавленного вольфрама в водовороте остановит практически все излучение даже от самых отвратительных ядерных реакций (антиматерия или D-T). Для первой стенки диаметром 1,6 метра один только вольфрам будет весить 20 тонн!)

1C3. ТВт Двигатель

Чтобы перевернуть карту GW Thruster фиолетовой стороной вверх, переместите ее к месту, где можно усовершенствовать карты, и выполните операцию усовершенствования (1A5).

a. **Colliding FRC Fusion Thruster.** Для этого двигателя TW требуется генератор, а также два реактора в качестве цепи поддержки оборудования.¹⁷

b. **Синодические кометы.** В качестве исключения из правил ракета с активированным двигателем TW может садиться на синодическую комету или взлетать с нее в любое время года.¹⁸

ЛЕГКО ПРОПУСТИТЬ:

ТВт двигатель должен использовать то же изотопное топливо, что и его двигатель ГВт (переверните карточку, если вы забыли, какой это спектральный тип. [1C3])

ПРИМЕР [1C3] Ракетный стек содержит двигатель 8•0 с форсажем "тяга +5". Если чистая тяга равна 8, этот двигатель TW может расходовать ноль топлива и сделать 8 сжиганий или применить форсаж и сделать 13 сжиганий.

17 ИНИЦИАТОРЫ используются для запуска ядерной реакции таким же образом, как капсюль в основании пистолетного патрона используется для воспламенения пороха. Инициаторами могут быть лазеры, пучки частиц высокой энергии или антиматерия.

С точки зрения модульной конструкции, удачно, что реакторы в игре, предназначенные для питания ракеты MW, имеют правильную мощность (несколько сотен МВт тепловой) для запуска реакции термоядерного синтеза ракеты GW, которая в тысячу раз мощнее ракеты MW. Отношение ядерной мощности к мощности инициатора называется Q-фактором (добротностью).

18 ТЕРМОЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО высвобождает энергию, когда его легкие атомы (обычно водород и гелий) сливаются вместе. Вот наиболее часто рассматриваемые варианты термоядерного топлива:

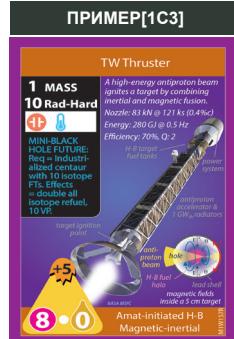
- D-T. Синтездейтерия и трития имеет самую низкую температуру воспламенения (40 миллионов градусов К, или 5,2 кэВ). Однако 80% его энергии вырабатывается в виде высоконергетических нейтральных частиц (нейтронов), которые не могут быть удержаны магнитными полями или направлены для создания тяги. Получающееся в результате отработанное тепло означает непозволительно большие радиаторы.

- 3He-D. Синтез гелия-3 идейтерия является предпочтительным топливом для звездолетов. Он имеет более высокую температуру воспламенения (30 кэВ), но генерирует 77% своей энергии в заряженных частицах, что приводит к существенному снижению экранирования и массы радиатора. Однако из-за проблемной побочной реакции D-D нейтроны составляют небольшую часть его энергии (около 4%), и, кроме того, плотность энергии в 10 раз меньше, чем D-T. Другим недостатком является то, что, хотядейтерий широко распространен и дешев, гелий-3 настолько редок, что для получения его килограмма потребовалось бы 240 000 тонн очистки реголита. В качестве альтернативы гелий-3 можно добывать из атмосферы Сатурна или Урана.

- D-D. Синтездейтерия с самим собой происходит при слишком высокой температуре (45 кэВ) и имеет слишком много нейтронов (60%), чтобы представлять интерес. Однако выход энергии нейтронов можно снизить до 40%, катализируя эту реакцию, чтобы вызвать 100% горение ее побочных продуктов трития и ^{3}He с помощью D. Таким образом, огромный ледяной шар может дать достаточно дейтерия для питания космического корабля-улья.

- H-11B. Синтез 10% водорода с 90% бора-11 имеет еще более высокую температуру воспламенения (200 кэВ), чем ^{3}He -D, а его плотность энергии еще меньше. Его преимущество в том, что он не испытывает побочных реакций и не испускает нейтронов, и, следовательно, компоненты реактора не становятся радиоактивными. Бор-11 является наиболее распространенным изотопом бора, получаемым путем обработки морской воды или буры.

- ^{3}Li -H. Синтез лития-6 с водородом также является безнейтронным. Однако обе реакции H-B и ^{6}Li -H протекают при высокой температуре, и поэтому столкновения ионов с электронами в плазме вызывают высокие потери рентгеновского излучения на тормозном излучении на первой стенке реактора. Это может свести на нет их преимущества в виде низкого отходящего тепла.



1D. Проекты (необходимы модули 0, 1, 2)

Проекты — это эпические достижения человечества, представленные внутриигровыми заданиями (**1A2b**), которые вы получаете, когда усовершенствуете колониста, двигатель GW или грузовое судно. Каждое из таких заданий может быть выполнено один раз за игру. Фиолетовая сторона этих карт описывает требования и (при успешном завершении) эффекты, включая VP в конце игры. Если вы потеряете карту Фиолетовой стороны, ее Проекты больше не будут доступны для получения, пока карта не будет восстановлена и повторно усовершенствована.¹⁹

- a. **Модули.** Проекты доступны только если вы играете с модулями 0 (политика), 1 (тераватт) и 2 (колонизация) одновременно.
- b. **Личные задания.** Проект доступен для выполнения только игроку, владеющему этой картой. Каждый игрок может выполнить названный проект только один раз.
- c. **Опасность.** Все попытки требуют, чтобы Экипаж или Колонист рисковали своей жизнью (через операцию эпической опасности **1A6**).
- d. **Длинная игра.** Игра с Проектами удлиняет игру до 7 солнечных циклов.

1D1. Требования к Проектам

У каждого Проекта есть набор требований («Req»), которые, будучи удовлетворены, позволяют вам выполнить операцию эпической опасности (**1A6**), которая должна быть успешной для завершения Проекта и получения оранжевой звезды. Эти требования включают:

- a. **Во всех Проектах** как Человек (Экипаж или Человек-Колонист), так и карта, описывающая Проект, должны быть действующими и находящимися с указанном месте (находиться в указанном пространстве, если таковое требуется и имеется). В случае с Проектами Колонистов это может быть одна и та же карта.

19 ГЕОМЕТРИЯ ТЕРМОЯДЕРНОЙ ПЛАЗМЫ. Существует пять способов ограничения термоядерной плазмы достаточно долго и с нужной температурой, для достижения положительного Q:

- удержание при помощи замкнутого магнитного поля (см. D-T Токамак),
- магнитное удержание в открытом поле (см. ^3He -D зеркало),
- инерционное удержание (см. D-D инерциальный управляемый термоядерный синтез),
- электростатическое инерционное удержание (см. ^6Li -H реактор),
- холодный синтез

- б. Проекты Ad astra.** Эти варианты Проектов требуют, чтобы космический корабль с Проектом Ad astra вышел с карты в межзвездную миссию. Он должен воспользоваться одним из этих 3 выходов, обозначенных как выход Jupiter-Sol-Jupiter exit, Sol Exit Neptune, или выход Sol Exit Oort, а затем вывести из эксплуатации весь действующий стек.²⁰
- **О дивный новый мир.** Это не убийство и не преступление, потому что люди отправляются в новую звездную систему и наверняка выживут и будут процветать! [Экспорт колонистов запускает экзомиграцию \(2A6\).](#)
- с. Декларация Судьбы.** Если в принадлежащем вам Проекте указана конкретная Область (например, Тритон, Меркурий, Седна, Область, названная Кентавром, Область в троянской зоне), на которую претендует противник, вы можете претендовать на замену Претензии (**G4**), даже если вам не разрешены Преступления.

1D2. Эффекты Проектов

У каждого Проекта есть набор эффектов, которые становятся доступны вам после успешного броска эпической опасности (**1A6a**). Эти эффекты являются постоянными, даже если карта с Проектом впоследствии будет выведена из эксплуатации/брошена.

- а. Звезда Проекта.** Если вы преуспеете, вы получите оранжевую звезду! В конце игры каждая звезда приносит количество ПО, указанное в ПО за Проекты (**M2b**). ПО для вашей звезды постоянны, за одним исключением (указано в следующем пункте).

- б. Окончание игры.** Любой эффект, помеченный как "Endgame", должен иметь свои требования, проверенные перед подсчетом очков (**M2**). Эти требования включают то, что усовершенствованная карта, описывающая Проект, должна быть в рабочем состоянии и расположена в одном месте с обитаемым объектом. Если эти требования больше не выполняются (например, из-за выхода Мобильной фабрики или замены Претензии), эффект окончания игры отменяется, и звезда Проекта возвращается в запас.

ПРИМЕР [1D2b] Вы заявляете Претензию на Седну, на которой строите телескоп EM sunlens для заявления Проекта охоты на экзопланеты. Пока Претензия остается нетронутой к концу игры (например, без замены Претензии), и присутствуют Грузовой корабль и Обитаемый объект, вы получаете 14 ПО.

- с. Проект Casus Belli.** В случае успеха это разжигает Войну за независимость (см. глоссарий) между Землей и ее мятежными космическими колониями. Если вы претендуете на звезду Проекта, вы становитесь Независимым, а другие игроки становятся Лоялистами (пока они также не станут Независимыми, претендую на Casus Belli, [или если они не играют в Модуль 3.](#)

20 ПРОИЗВОДСТВО ТОПЛИВА ДЛЯ ЗВЕЗДНОГО КОРАБЛЯ, вероятно, займет в 10 раз больше времени, чем производство самого звездолета для полета к Альфе Центавра.

1D3. Список проектов ТВт двигателей

- a. **Spacefaring Future:** Требования = Один Бернал с этой картой в Области с гидратацией Планетарной Фабрики 8+. Эффекты = + 1 к лимиту колонистов, 7 ПО.
- b. **Mini-black Hole Future:** Требования = Потратить 10 изотопных FT на фабрике на кентавре. Кентавры, отмеченные на карте, включают комету Швассмана-Вахмана 1 (4:9:00), Хирон (4:12:00), Элатус (4:1:00), Эхекл (4:10:30), Окирхэ и Фол (4:11:00), Харикло (4:9:00) и Асбол и Гилоном (4:10:00).²¹ Эффекты = удвоение всех заправок изотопным топливом, 10 ПО.
- c. **Mass Beam Future:** Требования = Усовершенствованный Бернал с этой картой на Планетарной Фабрике Ио или Тритона.
Эффекты = Ваш Powersat добавляет +2 тяги вместо +1 тяги и дает Грузовым кораблям чистую тягу 3, 7 ПО²²
- d. **Fusion Candle Future:** Требования = Колония на Тритоне и усовершенствованный Бернал на Планетарной Фабрике аэростата Нептуна, с обитаемым объектом и этим двигателем.
Эффекты = удвоение всех заправок изотопным топливом, 14 ПО²³
- e. **Protium FusionFuture:** Требования = Усовершенствованный Бернал с этой картой с Планетарной Фабрикой класса Н.
Эффекты = удвоение всех заправок изотопным топливом, 10 ПО²⁴
- f. **Enzmann Starship Future:** Требования = Выход Ad astra с 2 усовершенствованными колонистами, мобильной фабрикой и этой картой двигателя.
Эффект = 12 ПО.
- g. **Lithiated Ammonia Ice Starship Future:** Требования = Выход Ad astra с 10 изотопными FT и этим двигателем.
Эффект = 14 ПО.

21 КРАСНЫЕ И СИНIE КЕНТАВРЫ — это кометоподобные астероиды во внешней солнечной системе, орбиты которых были дестабилизированы недавним близким сближением с газовым гигантом. Их орбитальная скорость мала, около трех скриганий, и если их замедлить еще больше с помощью ТВт двигателей, они резко упадут к Солнцу или Юпитеру с приростом кинетической энергии порядка 1000 МДж/кг. Подобное столкновение было бы полезно для изучения условий черных дыр.

22 ЛУЧ МАССЫ использует для движения столб нейтральных атомов натрия, что дает гораздо большую "силу", чем луч энергии.

23 ТЕРМОЯДЕРНАЯ СВЕЧА использует гигантский ТВт двигатель "свеча", чтобы вытолкнуть газовый гигант из Солнечной системы, неся его колонизированную луну Тритон как ковчег. Свеча непрерывно горит с обоих концов, используя собственную атмосферу газового гиганта как гигантское хранилище топлива. Нижний конец свечи, глубоко в атмосфере Нептуна, горит для создания тяги, удерживающей свечу в воздухе. Верхний конец горит для создания тяги, перемещающей Нептун к звездам. Это займет столетия, чтобы приблизиться к гелиосфере, поэтому в игровых временных рамках он не перемещается ощутимо.

24 СИНТЕЗ ПРОТИЯ — это синтез атомов водорода, подобный тому, который, как полагают, происходит в Солнечной системе. В игре в космический бильярд два астероида могут столкнуться друг с другом на релятивистских скоростях. Можно надеяться, что это приведет к синтезу протия и, возможно, образованию мини-черной дыры.

1D4. Список проектов грузовых кораблей

- a. **Terraform Future:** Требования = этот грузовой корабль в усовершенствованном Бернале на немарсианской Атмосферной Планетарной Фабрике. Эффект = 8 ПО.²⁵
- b. **Beehive Ark Future:** Требования = этот грузовой корабль в усовершенствованном Бернале, зайдоренный у Синодической кометы. Эффект = 7 ПО.²⁶
- c. **Exoplanet Hunt Future:** Требования = ваш жетон Претензии на Седне. Эффект (при окончании игры) = 12 ПО.²⁷
- d. **Beanstalk Future:** Требования = 3 и более космических лифта построенных любым игроком, с Обитаемым объектом и грузовым кораблем, расположенным рядом с одним из них. Эффект (при окончании игры) = +3 ПО за каждую фабрику (любого игрока), присоединенную к космическому лифту. Только одному игроку разрешено завершить этот Проект.
- e. **Golden Apples Future:** Требования = индустриализовать околосолнечную комету Крейца. Эффекты = Игнорировать солнечные вспышки, 14 ПО. Обратите внимание, что Мобильная фабрика и Люди на комете могут сбежать до испарения в конце желтого сезона. Прежде чем они уйдут, предполагается, что они совершили измерения для изучения Солнца во время своего близкого прохождения около него.
- f. **Antimatter Future:** Требования = этот грузовой корабль в усовершенствованном Бернале с Планетарной Фабрикой класса S. Эффекты = удвоение всех заправок изотопным топливом, 10 ПО.
- g. **Star Wisp Future:** Требования = Мобильная фабрика (при окончании игры) либо на нейтринной солнечной линзе (6 ПО), либо на ЭМ солнечной линзе (11 ПО).²⁸

25 КЛИМАТИЧЕСКАЯ ТЕРРАФОРМАЦИЯ может быть выполнена с помощью роя роботизированных зеркал в точке Лагранжа L1 планеты, которая находится между планетой и Солнцем. Изменение климата достигается путем изменения альбедо путем направления солнечного света на планету или от нее. Однако такой теневой экран Земли или Венеры толщиной в микрон имел бы массу в High Frontier в 2,5 миллиона. Для того чтобы планета находилась в тени, а не в полутиени отбрасываемой тени, масса должна быть в 100 раз больше.

26 УЛЕЙ — это небольшой полый мир, который оснащается ракетными двигателями, используя большую часть своей массы в качестве ракетного топлива для своих двигателей. Поскольку они ускоряются очень медленно, колонии внутри становятся кораблем поколений, в котором конечная межзвездная цель не будет достигнута в течение многих поколений.

27 СЕДНА — малая планета, удобно расположенная для того, чтобы построить на ее орбите электромагнитный телескоп-солнцелинзу на расстоянии 550 а.е. от Земли. Этот телескоп для поиска экзопланет достаточно далек, чтобы использовать само Солнце в качестве гравитационной линзы, способной исследовать далекие системы с оптическим усилением 113 дБ. Этого достаточно, чтобы увеличить масштаб вплоть до Эпсилон Индейца.

28 ЗВЕЗДНЫЙ ПУЧОК — это крошечный роботизированный межзвездный зонд, работающий на микроволновой энергии, излучаемой огромным энергоспутником. Гигантский коллиматор во внешней солнечной системе, представленный здесь Фабрикой, фокусирует луч. Место назначения для звездных пучков исследуется телескопом, расположенным в одной из двух точек солнечной линзы в игре: ЭМ (электромагнитной) и нейтринной. Они находятся на расстоянии от Солнца, где либо свет, либо нейтрино соответственно фокусируются гравитационным полем Солнца, как если бы это была гигантская линза. Фокусировка нейтрино лучше фокусировки фотонов, поскольку нейтрино проносятся прямо сквозь Солнце.

1D5. Список проектов колонистов

Колонист, выполняющий Проект, должен находиться в указанном месте, чтобы завершить Проект.

- a. **New Venus Future:** Требования = Выведите из эксплуатации эту карту и действующий двигатель и его цепи оборудования с чистой тягой 7+ на вашей индустриализированной Синодической Комете. Это разорит Область и удалит его Претензию и Фабрику. Эффекты = 12 ПО. Примечание: Никакие Жетоны (например, Фабрика) не должны оставаться на Венере или комете, чтобы выполнить этот Проект. Для тематического эффекта (он не имеет игрового эффекта, если игра не продолжается после окончания игры) поместите карту наложения Венеры (**V8b**).²⁹
- b. **Supreme Cult Future:** Требования = Активный Закон в органе власти. (Модуль 0). Эффекты = Может лоббировать без удаления использованного делегата. Все диски Возраста (прошлые и будущие) переходят в орган власти. (При окончании игры): 10 ПО.
- c. **Artificial Consciousness Future:** Требования = 2 усовершенствованных колониста в Планетарной Фабрике в астробиологической Области. Эффекты = Может свободно продавать любое количество карт на свободном рынке, 10 ПО.
- d. **Seti Future:** Требования = Индустириализируйте 2 Троянских астероида Юпитера, по 1 в лагере греков и лагере троянцев. Эффекты = В качестве свободного действия выполните 1 вдохновение, затем создайте 1 Поселение (**2A4**), 10 ПО.
- e. **Secession Future:** Требования = 2 усовершенствованных человеческих колониста в усовершенствованном Бернале, поставленным на якорь. Эффекты = Casus belli (**1D2c**), 7 ПО.
- f. **Footfall Future:** Требования = Вывести из эксплуатации эту карту и действующий двигатель и его цепи оборудования с чистой тягой 7+ на вашей Промышленной Синодической Комете. Это разорит Область и удалит его Претензию и Фабрику. Эффекты = 10 ПО + Casus belli (**1D2c**).³⁰
- g. **ET Life Future:** Требования = Имейте 2 или более астробиологических колоний. Эффекты (при окончании игры) = +2 ПО за каждую астробиологическую колонию.

29 ПЛАНЕТАРНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ ВЕНЕРЫ начинается с установки двигателей на подходящей комете для ее схода с орбиты. Кометная вода конденсируется до уровня, несколько ниже критической точки, значительно ускоряя выветривание ее атмосферы CO2. Солнцезащитные навесы из материала с Меркурия удерживают паровую атмосферу от достижения неконтролируемых парниковых условий. — П. Бирч, «Быстроеterraформирование Венеры», 1991.

30 FOOTFALL. В классическом научно-фантастическом произведении Ларри Нивена и Джерри Пурнелла Земле угрожает «FOOFALL» — астероид класса «убийца динозавров», орбита которого изменена поверхностью масс-двигателями, установленными враждебными инопланетянами.

- h. **Aerostat Future:** Требования = Усовершенствованный Бернал с Атмосферной Планетарной Фабрикой с аэростатом. Эффекты = Организация Поселения в качестве бесплатного действия, 14 ПО.³¹
- i. **Pan Sapiens Future:** Требования = Иметь 3 Фабрики, подключенные к космическим лифтам. Эффекты = Casus belli (**1D2c**). Эффект (при окончании игры): +2 ПО за каждый имеющийся жетон Славы.
- j. **Dyson Bubble Future:** Требования = Оба участка Меркурия индустриализированы любым игроком. Эффект = 5 ПО за каждую Фабрику (принадлежащую любому игроку) на Меркурии.³²
- k. **Submariner Future:** Требования = Постройте 3 подводные Фабрики или Колонии. Эффект = Удваивает гидратацию Планетарной Фабрики (не суммируется с другими модификаторами).
- l. **Beanstalk Future:** Требования = 3+ Космических Лифта, построенных любым игроком. Эффект (при окончании игры) = +3 ПО за каждую Фабрику (любого игрока), подключенную к Космическому Лифту.³³ Только 1 игроку разрешено завершить такой Проект.
- m. **TNO Future:** Требования = Индустролизируйте 2 участка в зоне Нептуна. Эффекты = организуйте Поселение (свободное действие) (**2A4**), 12 ПО.³⁴
- n. **Uplift Future:** Требования = Роботы не освобождены (**2A6b**), Экипаж/Колонист на усовершенствованном Бернале и потратить 20 Aqua. Эффекты = Каждый робот освобождается, Casus belli (**1D2c**), 12 ПО.

³¹ АЭРОСТАТ. Фабрика, плавающая в атмосфере, может скижать ценные газы для ракетного топлива и термоядерного топлива. Например, фабрика по производству водородных баллонов, плавающая прямо под облаками на Венере , извлекает водород, углерод, кислород, азот, серу и, возможно, фосфор из "воздуха Венеры". В отличие от адской поверхности, температура и давление на таких высотах (50 км) примерно соответствуют земным нормам. Людям, работающим за пределами гондолы, не понадобятся скафандрсы, только кислородный баллон и защита от кислотных дождей. На Сатурне воздушный шар диаметром около 212 метров будет извлекать редкий изотоп гелий-3 для использования в чистых термоядерных реакторах на Земле. Сжижение 2200 тонн/год термоядерного топлива $^3\text{He-D}$, плюс 4800 тонн/год топлива H_2 , требует 10 МВт, плюс еще 400 МВт для процессов разделения. Эти места используют ветряные мельницы, чтобы воспользоваться обильными ветрами (30 км/ч на Венере, 1440 км/ч на Сатурне. Они лежат глубоко в гравитационных колодцах, дельта-у выхода составляет 10 км/с на Венере и 1 км/с на Сатурне. — Предоставлено Питером Кохом, Манифест лунных шахтеров, 2009.

³² СФЕРА ДАЙСОНА — это рой парусов, которые окружают Солнце, чтобы захватить часть его выходной мощности. Паруса не находятся на орбите, а являются статитами — искусственными спутниками, подвешенными давлением излучения, чтобы не допустить их падения на Солнце. Строительство этой мегаструктуры использует материал, добываемый на Меркурии, и станет первым шагом к цивилизации Кардашева II типа, которая захватит большую часть энергии Солнечной системы.

³³ МАРСИАНСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЛИФТ. Фобос является удобной конечной точкой для космического лифта, направляющегося на поверхность Марса или наружу для отправки на другие планеты или астероиды.

³⁴ ТНО означает "Трансплутуновый объект". Имеются в виду миры за орбитой Нептуна, в частности, в поясе Койпера, пояссе астероидов, лежащем в 30–50 а. е. от Солнца. Я решил смоделировать эту среду с 4 скижаниями для набора скорости (10 км/сек) и еще 4 скижаниями в пункте назначения для замедления. Точки Гомана между ними представляют время до цели. Для самой внешней части карты я допустил 10 скижаний для набора скорости до 25 км/сек, затем еще 10 скижаний, которые могли быть либо для ускорения до 50 км/сек для выхода из Солнечной системы, либо для замедления для захвата в солнечной линзе ЭМ.

1E. Модуль 1 Окончание Игры

1E1. Модуль 1 Окончание Игры

Игра заканчивается, когда берется последний Диск Возраста (**D2b**). Это происходит после 48 лет (короткая игра), 60 лет (средняя игра) или 84 лет, если играешь с Проектами (**1D**).

1E2. Модуль 1 Подсчет Очков

Для всех используемых модулей подсчет очков производится согласно **M2**. Обратите внимание, что Мобильные Фабрики (включая фигурку грузового судна) считаются кубами Фабрики для подсчета очков.

- a. **Модуль 2.** См. **2D2**.
- b. **Проекты.** Добавьте очки (**1D2a**) за каждую оранжевую звезду.

1F. Модуль 1 Пасьянс: Звезда Вернера

Маленький Вернер мечтает стать астронавтом (или космонавтом, тайконавтом и т. д.) и отправиться к другой звезде. Может ли эта мечта сбыться? Вернер представлен вашей картой Экипажа, и он победит, если выполнит Проект ТВт двигателя до того, как умрет от старости. Игра должна занять 2 часа. [Используйте все модули 1 и 2](#), включая Проекты. Вы также можете добавить Модуль 0.

a. **Подготовка.** Играйте с 6 Дисками Возраста в игре на 72 года.

b. **Исследования.** Вместо исследовательского аукциона (I2) возьмите верхнюю карту патентной колоды для вашей Операции, включая бонусное оборудование (I2g). Это стоит количество Aqua, равное количеству взятых карт.

ПРИМЕР [1Fb] Вы покупаете электрическую ракету, которая идет с генератором. Это стоит 2 Aqua. На следующем ходу вы продаете двигатель, который приносит вам 3 Aqua.

c. **Трагедия.** Вы проигрываете игру, если ваш Экипаж будет принудительно выведен из эксплуатации (Вернер героически погибнет).

d. **Звездная победа Вернера.** Победите, если вы выполните Проект ТВт двигателя (1D3) до того, как Вернеру исполнится 84 года. [Если вы играете с Политикой \(Модуль 0\), Активный закон должен закончиться свободой.](#)

e. **Interstellar победа.** Если у вас есть Модуль Interstellar, отправьте Вернера в качестве пассажира на звездолете. Вы выигрываете, если его сын достигнет обитаемой или живой планеты. Вы можете интегрировать это в продолжающуюся игру Interstellar. Для совместимости с 3-м изданием Interstellar см. Приложение V7.

1W. Планирование Проектов

a. **Адаптируйте, затем планируйте!** Ваша первая Фабрика часто является решающим фактором для стратегий, которые вы можете использовать. Она решает, какие черные карты вы можете построить, а также диктует, что вам нужно сделать, чтобы начать усовершенствовать карты. Поэтому, прежде всего, соберите миссию, постройте свою первую фабрику и не забудьте начать собирать черные карты, которые вы хотите, как можно раньше, — вам, возможно, придется схватить ценный двигатель, когда он находится наверху колоды, даже если у вас были другие планы, или вы рискуете увидеть, как он опустится на дно колоды во время события "Вдохновение" или, что еще хуже, будет куплен другим игроком!

- b. Получите Фиолетовую карту.** Когда у вас будет первая Фабрика, начните работать над усовершенствованием карт. Можете ли вы закрепить там Бернал? Это дорого, но дает вам огромную гибкость при усовершенствовании. Если нет, какой тип колонии вам нужен для усовершенствования карт, которые вы строите? Сделайте это своей второй миссией.
- c. Взгляд в будущее.** Как только вы получите карты, которые хотите усовершенствовать, проверьте их Проекты. Скорее всего, они потребуют от вас построить Фабрики в определенных Областях — постараитесь заявить Претензию на них заранее и обратите внимание на то, что делают другие игроки. Если они заявляют Претензию на место, которое вам нужно, вам разрешается произвести Замену Претензии для выполнения Проекта.
- d. Продолжайте строить.** Не забывайте продолжать строить Фабрики! Они будут большой частью ваших очков. Не беспокойтесь слишком сильно о ценах на акции, в игре с Проектами никто не должен ожидать, что получит 8 очков за то, что у вас есть единственная фабрика определенного типа (за исключением класса Н). Просто постараитесь, чтобы никто из ваших противников не получил бонус, они, скорее всего, ответят тем же! Победителем станет один из игроков, построивших больше всего фабрик, после этого решающим фактором станет гидратация земли, колонии и Проекты. Убедитесь, что вы помните обо всем этом при планировании своих ходов.
- e. Не забудьте зубную щетку.** Не забудьте взять карты, необходимые для завершения Проекта. Если вы хотите завершить Проект Dyson Bubble, не забудьте взять с собой колониста из Lloyd's Insurance Company (и заплатите 4 Aqua, чтобы избежать броска эпической опасности, если это вообще возможно).

1Y. О Проектах

(эссе Эрика Шнейдера)

Проекты — это гигантские инженерные достижения, настолько крутые, что вы обнаружите, что занимаетесь ими просто ради удовольствия, даже если это не выигрышная стратегия!

Создание мини-черной дыры (amat-initiated H-B magnetic inertial TW двигатель) включает в себя небесный бильярд. Если орбитальная скорость кентавра в зоне Урана была бы снижена массовыми двигателями, он упал бы к Солнцу, и если бы был направлен правильно, то врезался бы в Меркурий на скорости 50 км/сек. Полученной энергии, 5×10^{27} Дж, было бы достаточно, чтобы питать 10 ТДж цивилизацию, подобную нашей нынешней, в течение 150 миллионов лет.

Синтез протия (crossfire H-B focus fusion TW двигатель) представляет собой попытку достичь ядерного синтеза таким же образом, как это делают звезды, синтезируя протоны из обычного водорода, чтобы сформировать обычный гелий (с испусканием нейтрино, превращающих протоны в нейтроны).

Для этого требуются температуры, намного превышающие те, которых мы можем достичь в настоящее время, но не требуются специальные изотопы, такие как дейтерий или тритий.

Термоядерная свеча (*Zubrin-GDM TW двигатель*) превращает газовый гигант в ковчег колонии, строя гигантскую трубу с термоядерным реактором на обоих концах и воздухозаборником в середине — конец удерживает всю конструкцию в воздухе, а другой конец представляет собой двигатель, использующий атмосферу газового гиганта в качестве полной массы.

Проект Луч Массы (*dusty plasma TW двигатель*) — это версия следующего поколения технологии передачи энергии Powersat. Ускорители, работающие на электричестве, вырабатывают между газовым гигантом и его луной, выстреливают потоком серы в далекий звездолет. Звездолет испаряет материал с помощью лазера, и полученная плазма толкает звездолет через зеркальное магнитное поле. Преимущество луча массы над лазерным лучом заключается в том, что гораздо больше энергии, используемой для ускорения элементов луча, передается звездолету в виде импульса.

Знаменитая конструкция Daedalus (*daedalus ³He-D inertial fusion TW двигатель*) стала результатом проекта Британского межпланетного общества в середине 1970-х годов. 50 000 тонн топлива на основе дейтерия и гелия-3, а также термоядерная ракета будут использоваться в двухступенчатой конструкции ракеты для ускорения 500-тонного научного груза до 12% скорости света в течение примерно четырех лет. Целью этого оригинального проекта была Звезда Барнарда, но его модульная конструкция позволяет адаптировать его для других целей.

Жидкость с самой низкой известной плотностью при комнатной температуре представляет собой раствор лития в безводном аммиаке. Литий можно объединить с ядрами водорода (протонами) в реакции синтеза для получения энергии и двух атомов гелия (³He и ⁴He, если используется более распространенный изотоп ⁶Li, два атома ⁴He, если используется более редкий изотоп ⁷Li).³⁵ Таким образом, теоретически возможно заморозить большие количества лития, растворенного в аммиаке, и построить корпус звездолета из полученного льда литиевый аммиачный звездолет (*solem medusa tugged orion TW jet*). Затем корпус используется в качестве топлива — аммиак (NH_3) разделяется на азот и водород, водород и литий будут использоваться для выработки энергии, а полученные гелий и оставшийся азот будут использоваться для реакционной массы.

35 Гелий-3 является предпочтительным топливом для звездолетов, поскольку он полностью сгорает, но этот чрезвычайно редкий изотоп гелия встречается только в значительных концентрациях в атмосферах газовых гигантов или на участках SWIV (летучие вещества, внедренные солнечным ветром). Миры, которые совершают близкие солнечные проходы, такие как кометы, могут иметь гелий-3, образованный солнечным ветром. На Меркурии его может быть не так много, потому, что у него есть собственное магнитное поле, которое крошечное, но достаточное, чтобы отклонить частицы, за исключением случаев корональных выбросов массы, и потому, что температура его поверхности достаточно высока, чтобы отражать, а не поглощать частицы ветра. Проект "Икар" определяет аэростаты на Уране как самое простое место в Солнечной системе для получения гелия-3.

Похожая концепция "корпуса замороженного топлива" используется в звездолете Энцманна (colliding FRC 3He-D fusion TW двигатель). В этом случае корпус представляет собой шар массой много миллионов тонн из замороженного дейтерия с прикрепленным термоядерным двигателем и модулем экипажа/груза. Получившийся звездолет будет длиннее большинства земных небоскребов.

Синодические кометы интересны футуристам, поскольку их высокий эксцентриситет позволяет им путешествовать между внутренними и внешними пределами Солнечной системы. Высокое тяг в перигелии использует эффект множителя тяги Оберта, чтобы достигать все более отдаленных, даже межзвездных расстояний. Однако такой звездолет бы был очень медленным ульем поколений.

12. Модуль 1 Описания карт патентов

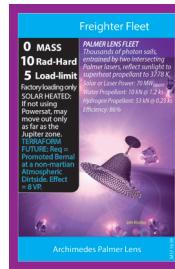
121. Карты Грузовых кораблей

Карты двигателей разработаны для ракет, стартующих с НОО, где вода фантастически дорога. Поэтому они используют двигатели, которые экономят воду, другими словами, высокотехнологичные двигатели, которые работают на топливе с высоким удельным импульсом. Грузовые суда — это ракеты, стартующие с промышленных площадок с большим количеством воды, но малой рабочей силой. Поэтому они очень низкотехнологичны, с плохими удельными импульсами. Типичный грузовой корабль может иметь сухую массу всего в несколько тонн, возможно, не более чем надутый воздушный шар, нагреваемый солнечной энергией, и все же ему может потребоваться так много ледяного топлива, что он будет выглядеть как гигантский айсберг. Айсберг, который будет почти полностью исчерпан (в качестве реакционной массы) к тому времени, как он достигнет места назначения.

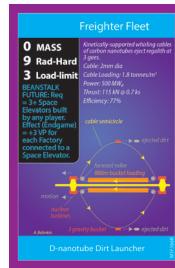


Парус и комбайн антипротонов (Antiproton Sail and Harvester) – В планетарных радиационных поясах столкновение космических лучей с солнечным ветром создает и накапливает антипротоны. Положительно заряженный парус-комбайн зачерпывает и направляет их в ряд вложенных сферических замедлителей, чтобы они были захвачены или отражены парусом для движения. Материал паруса представляет собой смесь графита, углеродного волокна и крошечных количеств урана. Депонирование антипротонов глубоко в уран (для улучшения числа делений) увеличивает тягу за счет удельного импульса. Высокая удельная энергия двух продуктов деления (приблизительно Pd-111 при 1 МэВ/а.е.м.), к сожалению, означает, что половина энергии должна быть отброшена в виде отработанного тепла. В отличие от паруса на продуктах деления, эта конструкция может лавировать, останавливаться, изменять ускорение и удельный импульс и не нуждается в парусе-паутине. Параметры паруса составляют 2 МВт/кг и 1 кг/м². Парус диаметром 1000 м генерирует 1,5 ГВт при тяге 0,14 кН и скорости истечения 1,6%. Версия корабля, движущегося при помощи луча antimатерии. – Стивен Хоу, 2013.

Корабль на линзах Палмера (Archimedes Palmer-lens Freighter) – усовершенствованная версия ракеты с солнечным нагревом заменяет надувную линзу роем отражающих фотонных парусов, удерживаемых в форме двумя лазерами Палмера (см. генератор аэрозольных линз Palmer LSP). Эти паруса раскручиваются и развертываются из реголита с помощью устройства Ньюмана, приводимых в движение фотонным парусом. Диаметр роя составляет 275 м. Вместо рениевой пены солнечный поглотитель использует изготовленную в космосе сетчатую стеклоподобную углеродную пену, допускающую температуру до 3778 К и удельные импульсы водорода до 1,2 кс. Структура углеродной пены защищена от реакций углерода/водорода с помощью тугоплавкого карбидного покрытия, нанесенного методом химической инфильтрации паров в условиях нулевой гравитации (CVI). – A.J. Palmer, *Hughes Research Laboratories*, 1980.



Твердотопливный корабль с D-нанотрубками (D Nanotube Dirt Launcher Freighter) – Углеродные нанотрубки имеют прочность на разрыв 8300 кг/мм² (81 кН/мм²) и плотность 1800 кг/м³. Система канатной дороги в форме буквы D может работать со скоростью 6,8 км/сек и хранить 23 МВт энергии на каждый килограмм кабеля. Показанная конструкция имеет кабель длиной 2 км, диаметром 2 мм и массой 12 кг. Его радиус составляет 402 м. Он приводится в движение напрямую ядерными турбинами мощностью 500 МВт, без использования электричества. – Александр Болонкин.



Грузовой корабль с газовым ядерным реактором (Fission GCR Freighter) – Газовый реактор открытого цикла (GCR) содержит критическое делящееся ядро в виде газообразной плазмы. Это нагревает излучением водородное топливо с тройным удельным импульсом. Реактор мощностью 1,5 ГВт достигает тяги 74 кН при удельном импульсе 3 кс. 150 МВт отработанного тепла можно удалить удвоением массового расхода охлаждения открытого цикла (до 5 кг/сек) или с помощью радиаторов. Топливо – ^{242m}Am, образованный из Америция-141, который не только имеет самое высокое из известных термическое сечение деления, но также имеет низкое сечение захвата и длительный период полураспада. Это позволяет использовать двигатели меньших размеров, чем с урановым топливом, с сердечником диаметром 1,5 м, толщиной замедлителя 0,5 м, давлением 500 атм, температурой сердечника 65 000 К, соотношением объема топлива к полости 25%. Чтобы предотвратить потерю топлива, сердечник из америция удерживается магнитом с помощью слегка асимметричного магнитного зеркала. Газовые реакторы трудно запустить, поэтому для получения 10²² нейтронов, необходимых для запуска, необходим небольшой импульс антипротонов. – Р. Г. Рэгсдейл, Ядерное тепловое движение, NASA/Lewis Исследовательский центр, 1990; Каммаш и Ян, 1992.



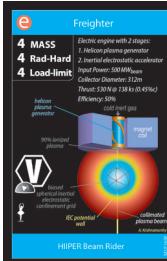


Паровой грузовой корабль с ядерным нагревом (Fission-heated Steam Freighter) – паровой ракетный двигатель с ядерным нагревом (NSR) использует ядерный реактор для преобразования водяного пропеллента в перегретый пар. Насос Калхуна повышает давление воды до 23 МПа, что действует как замедлитель/отражатель. Хотя для этого требуется массивный насос (мощность \approx давление \times площадь \times скорость), работа выше критического давления позволяет избежать изменения фазы топлива и позволяет работать с более высокой плотностью мощности и удельным импульсом. Сопло Лаваля, прикрепленное непосредственно к реактору, преобразует давление расширения пара в тягу. Смешанная средняя температура на выходе 1100 К обеспечивает удельный импульс 0,2 кг. Реактор представляет собой слой частиц весом 10 тонн, вырабатывающий 1 ГВт при 3 МВт/литр. Водяной бак изготовлен из кевларового композита со стенками толщиной 0,044 мм. В качестве альтернативы топливо может перевозиться в виде водяного льда. При максимальной тяге 380 кН поток воды составляет 170 кг/сек. Энергия, необходимая для плавления льда в H_2O (0,48 МДж/кг) и H_2O в пар (2,2 МДж/кг), означает, что почти половина тепловой мощности теряется на изменение фазы воды. – Энтони Зупперо и др., *Ракета с ядерным нагревом пара с использованием лунного льда*, 1997.

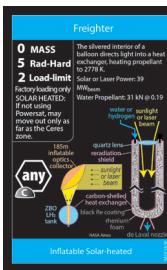


Парус из фрагментов синтеза (Fusion Fragment Sail) – представьте себе радиоактивную пыль, внедренную в пленку поглощающего слоя. Импульсы фрагментов синтеза придают этому "парусу" слабую тягу. Тяга усиливается осевым магнитным полем, слишком слабым, чтобы повлиять на движения пыли, но достаточно сильным, чтобы направить ионизированные фрагменты в пучок с эффективностью 22%. В отличие от фотонного паруса, которым можно управлять, наклоняя на солнце, парус из фрагментов синтеза получает свою энергию равномерно по всей поверхности паруса, и, таким образом, им нельзя управлять. Проиллюстрированная конструкция толкает и управляет с помощью управляющих участков A-LIFT (Aneutronic Laser Induced Fusion Thruster). Тяга инициируется пикосекундным лазерным импульсом, который усиливается чирпированным импульсом и направляется на первый слой управляющего участка. Импульсный лазерный луч с частотой 75 МГц обеспечивает мощность 20 000 ТВт/мм² на длинах волн от 1 до 10 мкм. Это взрывает первый слой листа металлической фольги толщиной 5 мкм. Электрическое поле теравольт на метр выбрасывает протоны, которые инициируют синтез Н-Во втором слое, пленке композита CH₂-бор-11. Продукты синтеза - сто тысяч 8,7 МэВ альфа-частиц, направляемых магнитами для рулевой тяги. Парус диаметром 1 км имеет начальную массу 60 тонн, но он теряет тонну в год при скорости синтеза 1,9 кВт/м². С удельным импульсом 500 кс, но всего 140 ньютонов тяги, этот парус не работает хорошо в умеренных гравитационных полях вокруг планет. Если стартовать в точке L3 Земля-Луна, то для выхода из спирали от Земли потребуется месяц, всего 4 года на длинном участке пути до Юпитера и более года для входа в спираль к Каллисто. – В.П. Крайнов, Лисица, Руслан, Игнатьев, Андрайнов, Наблюдение безнейтронных реакций синтеза в пикосекундной лазерной плазме, 2005.

Лучевой HIIKER корабль (HIIKER Beam-Rider Freighter) – Инерционная электростатическая ракета с впрыскиванием плазмы Helicon (HIIKER) использует один из самых плотных плазменных источников (Helicon) для производства плазмы и один из самых устойчивых к эрозии ускорителей (ИЭУ) для ускорения плазмы. Такое разделение ионизации и этапа ускорения позволяет HIIKER (как и электромагнитный реактивный ускоритель VASIMR) демонстрировать улучшенные переменные удельные импульсы и отношения тяги к мощности. В качестве топлива могут использоваться различные газы, например, азот, аргон или ксенон. Электричество вырабатывается удаленным лазерным лучом мощностью 500 МВт, перехватываемым лазерным парусом диаметром 312 м. Работая при температуре 600 К с излучательной способностью 0,06 и поглощательной способностью 0,135, генерируется 250 МВт. Масса паруса составляет 7,5 тонн. Тонкий, как карандаш, плазменный многокиловольтный выход создает всего 530 ньютонов тяги, что примерно равно весу двух чемоданов в аэропорту. Но скорость выхлопа, непревзойденная для электродвигателя, составляет 0,45% скорости света. – Акишата Криинамурти, *Лаборатория космических двигателей HIIKER*. 2012.

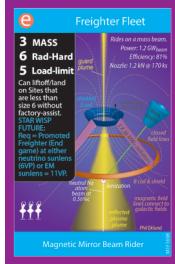


Надувной грузовой корабль с солнечным нагревом (Inflatable Solar-heated Freighter) – для ракеты на солнечной энергии требуется большая легковесная собирающая поверхность с системой слежения за солнцем. Этого можно добиться, надув пластиковый шар параболической архитектуры, фокусирующий лазер или солнечный свет в полость "черного тела". Вторичный концентратор из монокристаллического циркония, сапфира или иттрий-алюминиевого граната (YAG) действует как окно в камеру. Длина цилиндрической полости позволяет использовать большую часть входящего излучения для нагрева рабочей жидкости (пропеллента). После протекания через заполненное пеной кольцо вокруг приемной полости, перегретая жидкость расширяется через сопло. Повсюду используется высокотемпературный металлический рений, который ограничивает температуру до 2800 К, а удельный импульс примерно до 1 кс с водородом или 0,19 кс с водой. Сосуд из рениевых трубок удерживается углеродной оболочкой и дополнительно заключен в экран повторного излучения для предотвращения потери тепла. – НАСА Эймс, 2012.

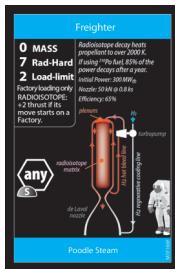


Кольцевой твердотопливный KESTS корабль (KESTS Hoop Dirt Launcher Freighter) – это тип электрической ракеты, способной приводить в движение небольшой астероид типа «куча щебня», закрепляя два квазизилитических ускорительных обруча на его экваторе. Обручи поддерживаются центробежными силами, создаваемыми изнутри, а не прочностью материалов (в отличие от троосовых космических лифтов). Они аналогичны статору синхронного электродвигателя, поддерживаемому электродинамической связью с якорями потока массы, вращающимися со скоростью 10 км/сек. Два противоположно вращающихся потока массы используются для избежания сил, вызванных угловым моментом. Люди и грузы путешествуют в транспортных средствах, магнитно связанных с одним из потоков массы, прибывая на верхнюю космическую станцию на синхронной орбите с вращением астероида. Цепь ведер с грунтом с гораздо большим ускорением высвобождает реголит на вершине обруча со скоростью 10 км/сек. Два симметричных обруча на противоположных сторонах астероида обеспечивают общую тягу 56 кН при 500 МВт. – Дж. Э. Д. Клайн, 2013.





Грузовой корабль с магнитным зеркалом (Magnetic Mirror Beam-rider Freighter) – этот корабль использует магнитное зеркало с двумя катушками для отражения входящего массового пучка. Большая кормовая катушка имеет 100 м в поперечнике и экранирована, весит 120 тонн, не включая радиаторы. Массовый пучок исходит из внутренней части солнечной системы, возможно, из ускорителя на солнечной энергии в одной из точек Лагранжа Солнце-Венера. Ускоритель может быть линейным (lineac) или круговым (cyclotron). Он направляет массовый пучок с помощью маховиков со сверхпроводящими электродвигателями. Луч фокусируется цепочкой полевых линз и лазеров. Лазеры настроены чуть ниже значительной частоты поглощения частиц пучка, так что те, которые остаются на пучке, не будут поглощать фотон, в то время как доплеровский сдвиг тех, которые дрейфуют к лазеру, приводит их в резонанс с лазером, подталкивая их обратно в линию. Пучок, состоящий из атомов, молекул, кластеров или гранул, должен быть электрически нейтральным во время полета в космосе (чтобы предотвратить разброс), но должен быть заряжен, чтобы ускоряться ускорителем и замедляться космическим кораблем. Кормовые лазеры в космическом корабле ионизируют поток, чтобы он мог замедляться и отражаться зеркалом. Неотраженные части пучка проходят через тороидальную геометрию, образуя носовой "защитный шлейф", который помогает защитить высокоскоростной корабль от космической пыли. Ячейка с водой защищает космический корабль от случайных частиц пучка. Массовый пучок 1,2 ГВт, движущийся со скоростью 1700 км/сек (0,56%с) и отраженный с эффективностью 81%, обеспечивает тягу 1,2 кН. – Г. Дэвид Нордли.



Корабль с паровым двигателем "Пудель" (Poodle Steam Freighter) – Продукт ядерной смелости и наивности конца 1960-х годов, этот двигатель нагревает свою рабочую жидкость посредством естественного распада радиоактивных изотопов. Очень простая конструкция, без движущихся частей, реактор использует дорогой и недолговечный ^{210}Po для генерации тепла и тяги, что ограничивает продолжительность миссии. Однако, поскольку распад нельзя "выключить", тепло должно либо использоваться в качестве тяги, либо излучаться. Лично от себя могу сказать, что читать рассекреченные документы эпохи 1960-х годов действительно весело! – Э. Незгода, Программа технологий радиоизотопного движения (Poodle) – Заключительный отчет, 1967; Дж. Уитон, Отчет о состоянии – Системы радиоизотопного движения, 1965.



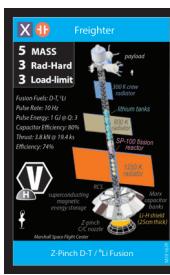
Корабль с роторной твердотопливной пусковой установкой (Rotary Dirt Launcher Freighter) – Роторная пусковая установка гранул (RPL) представляет собой коническую трубу, быстро вращающуюся для ускорения небольших (10 г) гранул скатого реголита. Вблизи кончика приложенное ускорение составляет около 100 000 г. Гранула давит на стенку трубы с силой приблизительно 8,9 кН и выходит со скоростью 4 км/сек. Скорость составляет 230 гранул/сек. Материал – кевлар с пределом текучести 60%, облицованный сплавом TiNi для увеличения износостойкости. Подкладка подвержена значительному истиранию и износу и является сменной. Двойная башня имеет массу 17 тонн. Для поддержания нулевого чистого углового момента космического корабля или астероида необходимы две такие башни, врачающиеся в противоположных направлениях.

– Space Settlements: A Design Study, NASA Ames, 1975.

Z-пинч 3He-D термоядерный корабль (Z-pinch $^3\text{He}-\text{D}$ Target Fusion Freighter) – Термоядерный двигатель с мишенью имеет две ступени: плазменный инжектор, который производит чрезвычайно горячую плазму и перемещает ее на вторую ступень, систему имплозии, которая магнитно скимает горячую плазму до условий термоядерного синтеза. Сжатие осуществляется с помощью Z-пинч с проволочной решеткой и эффекта абляции Улама. Имплозированная вкладка становится частью топлива. Таким образом, такой корабль сочетает в себе нагрев при низкой плотности подхода магнитно-удерживаемого термоядерного синтеза с быстрым нагревом инерциальном термоядерном синтезе. Поскольку плазма должна оставаться в магнитном удержании только доли секунды, требования к удержанию соответственно низкие и менее затратные. Поскольку мишень уже представляет собой перегретую плазму, требования к уровням давления не такие строгие, как в инерциальном термоядерном синтезе. – Г.А. Вурден, <http://www.lanl.gov/physical>. 2013.

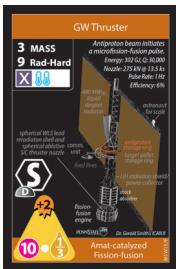


Термоядерный Z-пинч D-T-⁶Li корабль (Z-pinch D-T-⁶Li Fusion Freighter) – термоядерный Z-пинч двигатель пропускает очень большие токи (megaамперные) через плазму за короткое время (10^{-6} сек). Магнитное поле, возникающее из-за большого тока, затем сжимает плазму до условий термоядерного синтеза. Ракетный двигатель Z-пинч, работающий как на D-T, так и на n-⁶Li, использует кольцевое сопло с топливом D-T, вспрыскиваемым через самое внутреннее сопло, и ⁶Li, вводимым через цилиндрическое внешнее сопло, как “душевая занавеска”. Вспрыск топлива ⁶Li фокусируется коническим образом, так что топливо D-T и смесь ⁶Li встречаются в определенной точке, которая действует как катод. ⁶Li служит как обратным путем тока для замыкания цепи, так и поглотителем нейтронов. Реакция n-⁶Li производит дополнительное тритиевое топливо и энергетические побочные продукты, которые увеличивают выход энергии. При оптимальной смеси топлива D-T и пропеллента ⁶Li двигатель Z-пинч вырабатывает тягу 3,8 кН при удельном импульсе 19,4 кс. Нейтроны и гамма-кванты, выходящие из оболочки ⁶Li, улавливаются охладителем LiBe, а отработанное тепло передается на радиаторы He и NaK, работающие при температуре 1250 К. Во время каждого импульса термоядерного синтеза в 1 ГДж ток, индуцированный в катушках тяги, используется для перезарядки конденсаторных батарей для следующего импульса с $Q = 3$. Поскольку большое количество энергии (333 МДж) должно быть разряжено в шарик D-T в течение короткого времени (100 нс), используются конденсаторы Маркса с частотой 10 Гц. – Д. Мерник и др., Концепт термоядерного Z-пинч двигателя, Центр космических полетов Маршалла, 2012.



1Z2. Карты ГВТ/ТВт Двигателей

Эти двигатели относятся к классу мощности гигаватт (миллиард ватт) или даже тераватт (триллион ватт). Те, у которых удельный импульс больше 80 кс, в игре потребляют нулевое количество топлива. 80 кс эквивалентно скорости выхода, достаточно быстрой, чтобы ее можно было измерить в процентах от скорости света: 0,27%. Это не значит, что им не нужно топливо; всем ракетам нужна реактивная масса для маневрирования в космосе. Безреактивные двигатели, такие как двигатели Дина, двигатели ЭМ, варп-двигатели, двигатели с радиочастотной полостью и т. д., нарушают 3-й закон Ньютона, и нет никаких доказательств того, что их можно заставить работать в любом масштабе. Это ограничение применимо не только к ракетам, каждому когда-либо созданному транспортному средству для ускорения или поворота требуется действие-реакция на основе массы. То есть: энергии недостаточно, для маневрирования в пространстве нужна не только масса, но и энергия.



Термоядерный ГВт двигатель катализируемый антиматерией (Amat-catalyzed Fission-fusion GW Thruster)³⁶ – этот космический аппарат скижает топливные гранулыдейтерия, трития и урана-238 (девять частей D-T на каждую часть ^{238}U). Они вводятся в реакционную камеру, сжимаются ионными пучками, затем облучаются 2 нс всплеском антiproтонов. Хотя это антивещество не "катализирует" реакцию, оно инициирует деление урана, которое, в свою очередь, генерирует D-T-синтез. Высокоэнергетическое излучение термализуется (до 1 кэВ) 200-граммовым свинцовым покрытием WLS вокруг мишени. Тем не менее, только треть энергии реакции и фрагментов мишени перехватываются оболочкой тяги (абляционное сопло диаметром 8 м из карбида кремния). Около 20% энергии теряется в виде высокозергетических нейтронов, и для защиты топливных колец необходим нейтронный экран толщиной 1,2 м из LiH. Тепловой двигатель в этом щите питает инициатор мощностью 10 МВт. Каждый выбрасываемый 40-тонный бак SiC-топлива использует 7 нг антiproтонов. При 1 Гц и выбрасываемой массе за выстрел около 2 кг генерируется 302 ГВт. При общей эффективности 6% тяга составляет 275 кН при скорости истечения 0,04% с. – Льюис, Мейер, Смит и Хоу из Университета штата Пенсильвания, 2000.

36

AMAT, сокращение от "антиматерия", является наиболее концентрированным носителем энергии из всех возможных, преобразуя 200% своей массы в энергию при контакте с эквивалентной массой обычной материи. Что-то размером с кручинку соли выделяет столько же энергии, сколько 2 тонны лучшего химического ракетного топлива. Это не решение энергетического кризиса, так как это синтетическое топливо, не встречающееся в природе, для производства которого всегда потребуется как минимум в 10 000 раз больше энергии, чем получено при его аннигиляции. Хотя AMAT имеет некоторую полезность в качестве катализатора ядерных реакций, как здесь предполагается, он почти бесполезен в качестве ракетного топлива. Проблема в том, что энергия реакции AMAT не является "чистой энергией", а скорее находится в форме пионов, как заряженных, так и нейтральных, которые почти мгновенно распадаются на жесткие гамма-лучи. В отличие от нейтральных частиц, таких как нейтроны, которые имеют определенную глубину поглощения в данном материале, гамма-излучение проникает экспоненциально, что означает, что его невозможно полностью остановить даже в термализаторе с высоким Z, таким как свинец или вольфрам. Это означает, что огромный процент энергии в ракете AMAT или звездолете будет потрачен впустую в виде тепла, требующего отвода радиаторами.

Инициированный антиматерией H-B магнитный инерциальный двигатель (Amat-initiated H-B Magnetic Inertial TW Thruster) – обычный инерционный термоядерный синтез сжимает топливные пеллеты до плотности, во много раз превышающей плотность твердого тела, одновременно подавая энергию в ядро для инициирования горения. Магнитный инерционный термоядерный синтез обходит это, создавая термоядерную плазму путем аблации стенки внутри таблетки. Аблация инициируется высокогенеретическим пучком, входящим через отверстие в стенке пеллет. Термоэлектрический эффект удара создает сильное магнитное поле (12,500 Тл), которое термически изолирует горячую плазму от металлической стенки пеллет. Это воспламеняет ядро и позволяет ему гореть долгое время, сочетая преимущества магнитного и инерционного удержания. Конструкция использует 9 нс импульс из ста миллиардов антипротонов в качестве высокогенеретического пучка и водород и бор в соотношении 5 к 1 в качестве топлива. Преимущество термоядерного топлива $H-^{11}B$ в том, что оно производит только заряженные частицы в виде трех алфа-частиц и никаких нейтронов. Каждая свинцовая пеллета имеет диаметр 50 мм и массу 0,5 кг. Каскад частиц воспламенителя имеет 140 ГДж кинетической энергии плюс 30 Дж энергии аннигиляции. Один выстрел каждые 2 секунды генерирует тягу 83 кН и скорость истечения 0,4%с. – Каммаш, Мартин, Годфрай, Система термоядерного двигателя P-B¹¹, работающая на антиматерии, 2003.



Термоядерный FRC ^3He-D двигатель на встречных пучках (Colliding FRC ^3He-D Fusion TW Thruster) – Конфигурация с обращенным полем (FRC) представляет собой эллипсоидную плазменную ячейку с азимутальным током, меняющим направление внешнего магнитного поля. Результирующее поле обеспечивает тороидальное удержание плазмы без необходимости использования тороидального вакуумного сосуда или набора катушек. В сталкивающемсяся плазменном зеркале два FRC, созданных тета-пинчами на противоположных концах длинного магнитного зеркала, ускоряются магнитным полем до миллиона миль в час и врезаются друг в друга. Продукты синтеза выходят с обоих концов машины; один конец имеет магнитогидродинамический (МГД) отвод для электричества, а другой расширяется в магнитном сопле для тяги. Топливом может быть ^3He-D или $H-^{11}B$. Реактор мощностью 220 ГВт генерирует тягу 5 кН при $Q = 2$ и скорости истечения 11%с. – Helion Energy, 2010.

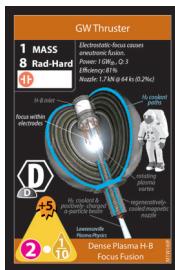


Двигатель Crossfire H-B Focus Fusion – Шесть плеч реактора Crossfire выпускают положительные ионы 600 кэВ в отрицательно заряженный центральный магнитный выступ. Ионы, удерживаемые радиально магнитными полями и продольно электрическими полями, отражаются назад и вперед электростатической линзой на дистальном конце каждой ионной пушки. Импульсы в магнитных токах колеблют магнитный поток, передавая энергию плазме. Этот эффект пинча увеличивает скорость синтеза. Стенки магнита покрыты тормозным зеркалом для отражения рентгеновских лучей обратно в плазму. Предпочтительным топливом является водород-бор. Эта реакция производит только заряженные реагенты, которые преодолевают электрическое поле и выходят продольно, чтобы быть направленными магнитными и электрическими полями для тяги. При мощности 28 ГВт тяга составляет 2,5 кН при скорости истечения 5% с. – Moasipur Феррейра-младший.





Инерциальный термоядерный $^3\text{He-D}$ двигатель Дедал (Daedalus $^3\text{He-D}$ Inertial Fusion TW Thruster) – проект Daedalus является эталонным проектом для беспилотного межзвездного зонда. Полный двухступенчатый звездолет имеет сухую массу 100 единиц массы и нуждается в 1350 баках топливных гранул для термоядерного синтеза $^3\text{He-D}$, чтобы достичь звезды Барнарда. Впрыскиваемые со скоростью 250/сек, эти гранулы воспламеняются электронными пучками с энергией 2,7 ГДж и 400 МДж для первой и второй ступеней соответственно. Колокол двигателя, изготовленный из молибденового сплава TZM и раскаленный до оранжевого цвета (1500 K), отводит отработанное тепло. Расчетная доля выгорания термоядерного топлива составляет 0,175 и 0,133 для первой и второй ступеней, что обеспечивает скорости истечения 3,5%с и 3%с и тягу 7540 кН и 660 кН соответственно. – А. Бонд и др., Проект Дедал – Заключительный доклад BIS исследования звездолета, 1978.



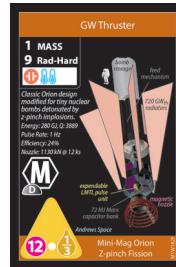
Плазменный термоядерный Н-В двигатель (Dense Plasma H-B Focus Fusion GW Thruster) – этот аппарат использует чистую "нейтронную" плотную плазменную фокусную (DPF) термоядерную энергию с использованием водорода и бора-11 в качестве топлива. Общая мощность тормозного излучения, найденная путем умножения на объем пинча ($\sim 10^{-6} \text{ м}^3$) и частоту повторения (10 Гц), составляет 1 ГВт при плотности числа частиц (электронов и ионов) $2 \times 10^{22}/\text{см}^3$ и температуре электронов 1,3 МэВ. При $Q = 3$ зажигание обеспечивается конденсаторной батареей емкостью 33 МДж с удельной энергией 15,0 МДж/тонн и удельным объемом 5,0 МДж/м³. Вторая конденсаторная батарея включена в качестве резервой. Параметры двигателя: радиус анода = 14 см, радиус катода = 38 см, тяга = 1,7 кН, удельный импульс = 64 кс (0,2%с), общий КПД = 81%. Охлаждение камеры реакции и магнитного сопла с открытым циклом с 2,75 кг/сек жидкого водорода увеличивает тягу до 55 кН, но снижает удельный импульс до 2 кс. – Шон Д. Кнехт и др.

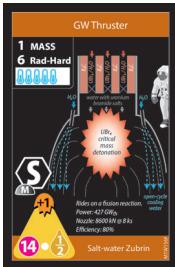


Пылевой плазменный двигатель (Dusty Plasma TW Thruster) – пылевой плазменный реактор подвешивает пылевые частицы в электрическом поле и использует высокоскоростные осколки деления непосредственно для тяги. Двойные охлаждаемые углеродные тепловые экраны отражают инфракрасную энергию пыли от замедлителей. Для урановых пылевых частиц 81% высвобождаемой энергии – это кинетическая энергия фрагментов деления, а оставшиеся 19% высвобождаются в виде бета-, гамма- и нейтронов, что в общей сложности составляет 207 МэВ на деление. Выходящие осколки деления охлаждаются при столкновении с топливом Li, что обеспечивает среднюю скорость истечения 3,4% с. Сверхпроводящие полевые катушки и квадрупольные токовые петли действуют как магнитное зеркало, направляя осколки и топливо для тяги. Пылевая плазма мощностью 14 ГВт генерирует тягу 1,1 кН с минимальным охлаждением открытого цикла или 550 кН с достаточным количеством охладителя Li для поглощения большинства нейтронов. Наноразмерная пыль охлаждается излучением с тепловой эффективностью 40%. – Весенний симпозиум NASA NAIC, 2012 г.

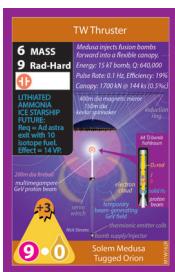
Левитирующий дипольный термоядерный $^6\text{Li}-\text{H}$ двигатель (Levitated Dipole $^6\text{Li}-\text{H}$ Fusion GW Thruster) – большинство транспортных средств с магнитным удержанием для термоядерного синтеза используют либо иррациональные поверхности потока (например, токамак, стелларатор), либо открытые линии магнитного поля (например, магнитное зеркало). Системы с замкнутыми линиями поля, такие как диполи, получили гораздо меньше внимания; однако они обладают несколькими уникальными полезными свойствами, включая удержание плазмы с высоким бета-излучением с низким турбулентным переносом и удержание частиц с высокой энергией в устойчивой конфигурации, созданной небольшим количеством невзаимосвязанных катушек. Левитирующий дипольный магнит обеспечивает устойчивую работу с высокой стабильностью и эффективным удалением пепла. Более того, он устраняет конечные потери, поддерживая зажигание усовершенствованного термоядерного топлива с низким поперечным сечением синтеза, такого как $^6\text{Li}-\text{H}$ или катализируемый гелием D-D. Последний цикл подавляет производство энергичных (14,1 МэВ) нейтронов путем удаления термического тритиевого пепла и замены его продуктом распада гелия-3. Главным недостатком дипольного подхода является необходимость левитирующего сверхпроводящего кольца внутри плазмы. Это «плавающее кольцо», к сожалению, перехватывает 24% фотонов и нейтронов термоядерного синтеза, и все же должно быть достаточно холодным для сверхпроводимости. Кольцо экранировано слоем вольфрама толщиной в миллиметр, за которым следует композитный экран из волокон C-C, который составляет треть массы кольца. Внешний слой, излучающий 1 МВт/м² при 2700 K, возвращает 400 МВт обратно в плазму. Слой C-C ослабляет 90% потока нейтронов (60 МВт для реакции D-D). Внутренняя оболочка, термически изолированная от вольфрама, обеспечивает разницу температур, которая приводит в действие внутренний холодильник мощностью 10 МВт, чтобы поддерживать внутренние обмотки сверхпроводника холодными. Эти обмотки, работающие при плотности тока катушки 330 МА/м², генерируют пиковое поле 30 Тл. Бета составляет 3,1 при времени удержания 5 сек. Для термоядерного реактора мощностью 1,2 ГВт тяга = 1,4 кН, а скорость истечения = 0,37%, предполагая эффективность 63%. – Дж. Кеснер, Д.Т. Гарнер, А. Хансен, М. Манузль, Л. Бриберг, Гелий-катализированный D-D термоядерный синтез в левитирующем диполе в Z-пинче, 2003.

Магнитный Z-пинч двигатель деления Орион (Mini-mag Orion Z-pinch Fission GW Thruster) – конструкция Mini-Mag Orion добавляет два важных аспекта к семейству концепций Орион: во-первых, использование магнитного сжатия Z-пинч делящихся мишеней, что позволяет производить гораздо меньшие взрывы (выход 280 ГДж против 20 000 ГДж), и, во-вторых, замена толкающей пластины магнитным соплом. Только небольшая часть топлива деления Cf-245 фактически перевозится с космическим аппаратом, остальная часть топлива (макрочастицы Cf-245 с сердечником D-T) направляется на космический аппарат. Гибридная система деления-синтеза имеет Q 3889 при эффективности 24%. Использование бомб 280 ГДж при 1 Гц дает тягу 1130 кН с удельным импульсом 12 кс. – Роджер Ленарда, Дэна Эндрюс, Использование Mini-Mag Orion и сверхпроводящих катушек для ближайшей межзвездной транспортировки, 2007.

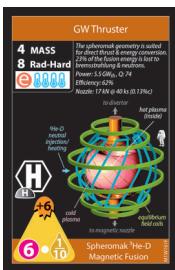




Ядерный ракетный двигатель Зубрина на гомогенном растворе солей ядерного топлива (Salt-water Zubrin GW Thruster) – На иллюстрации показано видение Роберта Зубрина: ракета, движущаяся на непрерывном контролируемом ядерном взрыве сразу за соплом/реакционной камерой. Топливом является вода, содержащая растворенные соли делящегося урана или плутония. Эти топливные соли хранятся в баке, сделанном из капиллярных трубок карбоната бора, прочного конструкционного материала, который сильно поглощает тепловые нейтроны, предотвращая цепную реакцию деления, которая в противном случае произошла бы. Для запуска двигателя соленая вода закачивается из топливного бака в цилиндрическое сопло без поглотителя. Скорость соленой воды регулируется, когда она выходит из бака, так что поток тепловых нейтронов резко достигает пика за пределами ракеты. При критической массе (около 50 кг соленой воды) непрерывный ядерный взрыв производит 427 ГВт, получая тягу 8600 кН и удельный импульс 8 кс при термическом КПД 99,8% (с охлаждением открытого цикла). Общая эффективность составляет 80%. – Роберт Зубрин, Ядерные ракеты на соленой воде: высокая тяга при ISP 10000 с, J. British Interplanetary Soc. 44, 1991.

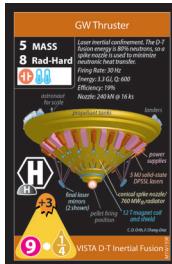


Двигатель Solem Medusa Tugged Orion – "Медуза" Джондэйла Солема – это ракета типа Orion, приводимая в движение термоядерными волнами детонации за легким куполом спиннекера (паруса). В конструкции используются дейтериевые бомбы мощностью 15 килотонн с радиусом огненного шара 200 м. Масса спиннекера миллиметровой толщины из армированного кевлара составляет 25 тонн. Традиционная конструкция была дополнена 400 м магнитным зеркалом, чтобы гарантировать, что топливо полностью испарится до того, как оно попадет в спиннер. Второе усовершенствование – это зажигание топлива протонным пучком, устранившее необходимость в материалах деления и снижающее плотность выбрасываемых реагентов (тем самым улучшая удельный импульс). Пучок 100 МДж образуется, когда плазменный мостик от мишени хольраума контактирует с левитирующим сверхпроводящим кольцом, заряженным до 1 ГэВ. Гигавольтный многомегамперный ток ударяет в конец сжатого топливного стержня из дейтерия, заключенного в хольраум. Большие генерируемые токи направляются катушками магнитного поля в корму космического корабля, где термоионные излучатели направляют электроны в космос, используя процесс, называемый индуктивной зарядкой. Это заряжает кольцо для следующего выстрела. 12 кг бомба хольраума (содержащая твердое водородное топливо) взрывается каждые 10 с для максимальной тяги (1700 кН), используя сервобедку для поддержания тяги постоянной. Коэффициент коллимации $C_0 = 0,14$ со скоростью истечения 0,47% с. – F. Винтерберг, Ракетное движение на основе дейтериевой микробомбы, 2008.



$^3\text{He-D}$ двигатель магнитного синтеза с сферомаком (Spheromak $^3\text{He-D}$ Magnetic Fusion GW Thruster) – Тороидальное магнитное удержание сферомака имеет открытую геометрию, что позволяет осуществлять прямую тягу и преобразование энергии продуктов синтеза (в отличие от токамака). Для подавления турбулентности используется ламинарное течение. Остаточное магнитное поле разряда плазменного фокуса дополнительно сжимает плазму сферомака до условий зажигания и выталкивает ее из реактора в магнитное сопло. Для двигателя на основе $^3\text{He-D}$ или D-D низкотемпературная плазма окружающей реагирующее ядро (так называемая область соскабливания), имеет температуру в диапазоне 100 эВ, что соответствует значениям удельного импульса 50 кс (0,16%). Охлаждение открытого цикла изменяет тягу с 14 до 56 кН. – М. Кацурай и М. Я마다, Исследования концептуальных реакторов термоядерного синтеза "Сферомак", 1982.

Двигатель инерциального D-T термоядерного синтеза VISTA (VISTA D-T Inertial Fusion GW Thruster) – реакциядейтерия-трития (D-T) грязная. Половина ее энергии – это нейтроны высокой энергии, одна четвертая – рентгеновские лучи, а одна четвертая – заряженные плазменные остатки. Коническая форма космического корабля VISTA позволяет ему избегать большинства нейтронов и рентгеновских лучей, перенаправляя заряженный компонент с помощью "теплого" магнита 12 Тл. Следовательно, VISTA использует только 9% выходного термоядерного синтеза для движения и столько же для выработки электроэнергии. Коэффициент усиления (предполагая использование усовершенствованных быстрых лазеров-воспламенителей) составляет 600. Дросселирование достигается путем изменения частоты стрельбы по цели от 0 до 30 Гц. Магнитные экраны весом 140 тонн составляют большую часть массы двигателя. – Орф, Кляйн, Серсел, Хоффман, Мюррей, Чан-Диаз, *VISTA - транспортное средство для межпланетного космического транспорта, работающее на инерциальном термоядерном синтезе, 2003.*



GDM-двигатель Зубрина (Zubrin-GDM TW Thruster) – гибридная ракета с термоядерным синтезом и делением использует D-T-синтез в качестве источника нейтронов для инициирования деления в оболочке из урановой соленой воды, окружающей длинное узкое ядро термоядерного синтеза. Геометрия термоядерного синтеза представляет собой газодинамическое зеркало (GDM), которое генерирует электричество на одном конце и тягу на другом. Q для термоядерного синтеза составляет 2,9 с использованием нейтральных пучков. Q для непрерывного деления в двигателе Зубрина составляет около 10, что значительно увеличивает тягу. Тепловой КПД составляет 76%.





Copyright © 2020,

Ion Game Design & Sierra Madre Games

Authors: Phil Eklund & Jeffrey Chamberlain
Part of High Frontier 4 All – Core: SMG28-4
Product no: SMG28-4.1