

THE IDEOLOGY OF SPACE EXPANSION

Sergey I. MOROZOV,
Cand. Sci. (Medicine), leading research scientist, National Development Institute of the RAS, Moscow, Russia,
sergey.morozov@asgardia.space

ABSTRACT | Space community is the sixth in succession socio-politic paradigm of the civilization. There are two polar opposite views on space ideology: geocentric and cosmocentric. The challenge is to look from space at Earth as at one of civilization's numerous spacecrafts and to perceive it as an ordinary part of space nature. It is 88 constellations and not gods of Ancient Egypt, Greece and Rome that will become orienting points for cosmonauts-astronauts.

There are no earth tops and bottoms, days and nights, no seasons, equinoxes, solstices, months varying length and no moon phases in space. Space community's spacecrafts will be absolutely independent of Earth's industrial potential as well as of Earth itself as the community's life-spring and the cradle of civilization. The sixth socio-economic paradigm is cosmocentric and astrocentric. This makes it different from the five previous paradigms which were geocentric: primitive communal, slave-owning, feudal, capitalist and socialist. Five basic ideas of space expansion are stated in the article.

Keywords: *space community, geocentrism, cosmocentrism, astrocentrism, homeostatic ark, NASA centrifugal spacecraft*



ИДЕОЛОГИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЭКСПАНСИИ



Сергей Львович МОРОЗОВ,
кандидат медицинских наук, ведущий научный
сотрудник Национального института
развития РАН, Москва, Россия,
sergey.morozov@asgardia.space

АННОТАЦИЯ | Космическое общество – шестая по счету общественно-экономическая формация цивилизации. Существуют две диаметрально противоположные точки зрения на космическую идеологию: геоцентрическая и космоцентрическая.

Задача состоит в том, чтобы взглянуть из космоса на Землю как на один из многих космических кораблей цивилизации и воспринимать Землю как обычную часть природы космоса. Ориентирами для космонавтов-астронавтов будут 88 созвездий, а не боги Древнего Египта, Греции и Рима.

В космосе нет земного верха и низа, дня и ночи, нет ни сезонов года, ни равноденствий, ни солнцестояний, ни разновеликих месяцев года, ни фаз Луны. Космические корабли космического общества будут полностью независимы от индустриального потенциала Земли и от самой Земли как своего источника и колыбели цивилизации.

Шестая общественно-экономическая формация является космоцентрической, или астроцентрической, – и этим она отличается от пяти предыдущих, геоцентрических: первобытнообщинной, рабовладельческой, феодальной, капиталистической и социалистической. В статье изложены пять основных идей космической экспансии.

Ключевые слова: *космическое общество, геоцентризм, космоцентризм, астроцентризм, гомеостатический ковчег, космический корабль-центрифуга НАСА*

I. ИНДУСТРИАЛЬНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В КОСМОСЕ

Каковы будут основные параметры гомеостатических ковчегов [1]? Что придет на смену современной МКС, «Спейс шаттлу» и «Союзу»? Создание искусственной гравитации является главным условием долговременных пилотируемых экспедиций в дальнем космосе.

Корабль с искусственной силой тяжести С. П. Королёв начал проектировать для достижения и освоения Луны и Марса еще в 1963 году. Чтобы уменьшить его размеры, он предложил использовать противовес – систему связанных между собой вращающихся тел. Для орбитального корабля противовесом должна была стать пустая последняя ступень ракеты-носителя, которую сегодня просто выбрасывают.

Астронавты НАСА Гордон и Конрад реализовали идею Королёва на космическом корабле «Джемини-11». Запуск был произведен 12 сентября 1966 года в 14:42:27 UTC, посадка – 15 сентября 1966 года в 13:59:35 UTC.

Они соединили 30-метровым тросом последнюю ступень ракеты «Аджена-XI» с «Джемини-11». Система вращалась вокруг общего центра масс с плечом – радиусом примерно 15 метров – то есть была почти равна размеру центрифуги ЦФ-18 в ЦПК имени Ю. А. Гагарина, имеющей плечо – радиус вращения 18 метров.

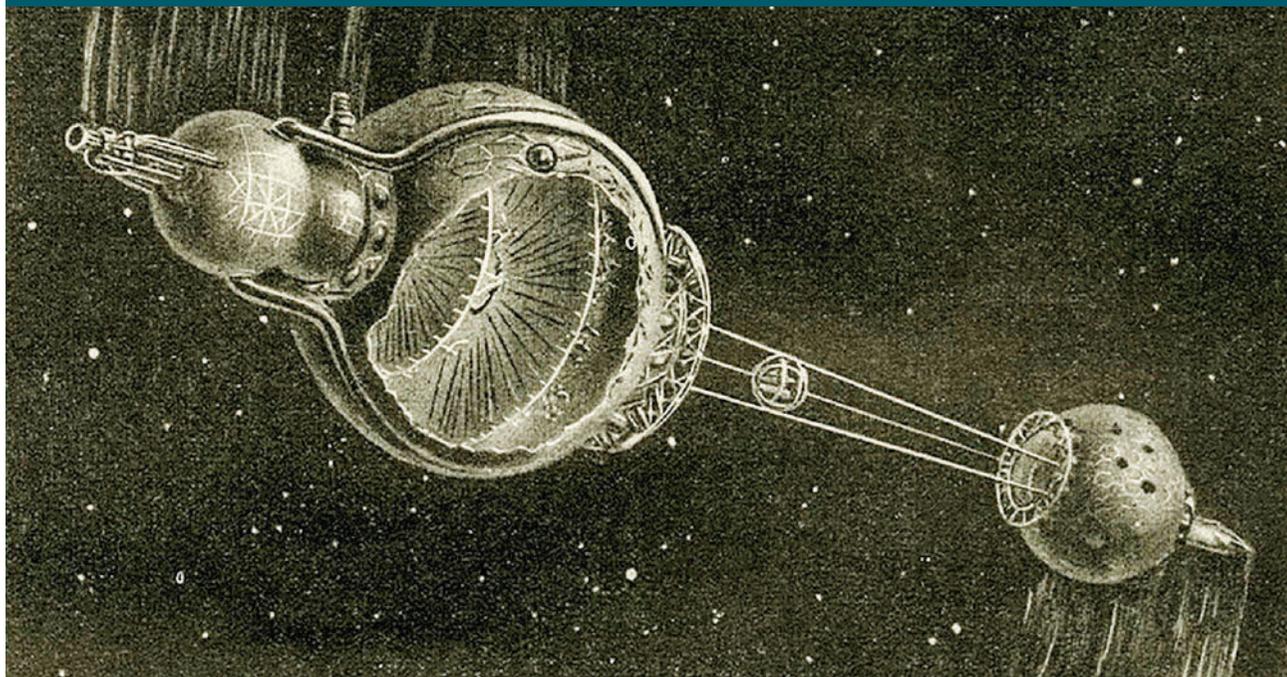
Соединенная тросом связка «Джемини» – «Аджена» была приведена во вращение. С помощью двигателей «Аджены» апогей орбиты был поднят на рекордную высоту: 1372 км (853 miles) [2]. Был создан первый в мире космический корабль-центрифуга.

II. КОНЦЕПЦИЯ ТОТАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

Полеты космонавтов-астронавтов на Международную космическую станцию имеют огромное значение для космической отрасли, но срок пребывания МКС на орбите ограничен. Толщина стенок станции составляет ≈ 3 мм алюминия (в некоторых местах – всего ≈ 1 мм). Она не способна защитить экипаж от губительного действия космической радиации. Поэтому для космонавтов-астронавтов в НАСА установлены строгие нормативы пребывания на МКС. Из-за отрицательного воздействия радиации 45-летнему мужчине разрешено пребывание в ближнем космосе 344 дня ($\approx 11,5$ месяца) против 187-дневного срока ($\approx 6,2$ месяца) для 45-летней женщины [3].

При этом по условиям «обратимого» разрушения скелета имеет место строгое ограничение времени нахождения в условиях микрогравитации, оно составляет $\approx 450 \div 600$ суток [$\approx 15 \div 20$ месяцев]. Таким образом, на сегодня ограничение

РИС. 1. Создание на космическом корабле искусственной силы тяжести: две части космического корабля, соединенные тросами, приводятся во вращательное движение вокруг общего центра масс



по радиации в $\approx 2\div 4$ раза жестче, чем ограничение по микрогравитации.

При относительно кратковременных полетах на низких орбитах в окрестности Земли ниже радиационного пояса Ван Аллена фактор микрогравитации стоит в тени радиационной угрозы – на него пока не обращают серьезного внимания.

Но в долговременных межпланетарных полетах фактор микрогравитации неизбежно станет доминировать над всеми остальными угрозами. Для реального полета на Марс «туда и обратно» понадобится не менее 33 месяцев ($2\frac{3}{4}$ года или около 990 дней) [4], что более чем в два раза превышает теоретически рассчитанный критический уровень в 450 суток нахождения человека в условиях микрогравитации.

Дата рождения МКС – 20 ноября 1998 года. В этот день в 9:40 по Москве первый элемент «космического конструктора» – модуль «Заря» – отбыл с Байконура. «Заря» имеет 12,6 м в длину и 4,1 м в диаметре.

Сейчас этот модуль используется в основном в качестве склада. В первые три года строительства МКС в космосе находилась и российская станция «Мир». Поэтому экипажи строителей МКС жили на ней. Первые люди заселились на МКС 2 ноября 2000 года. Американский сегмент МКС на сегодня уже полностью построен, а создание российского сегмента затянулось, его планируют завершить только к 2020 году.

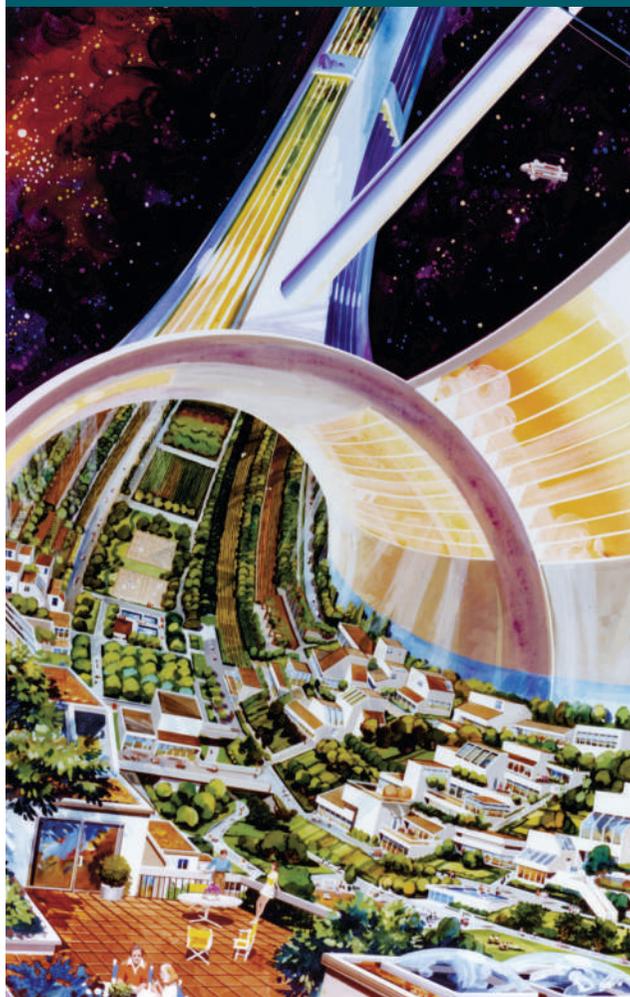
Внешняя обшивка Международной космической станции к 2019 году начала постепенно разрушаться из-за использования в ней материалов, неспособных длительно выдерживать воздействие жесткой космической радиации.

При этом расчетный срок эксплуатации МКС заканчивается в 2020 году. Однако в 2015 году «Роскосмос» и NASA договорились продлить срок эксплуатации станции до 2024 года в том виде, в котором она сейчас находится [5].

На данный момент очевидно, что МКС устареела морально и физически еще до завершения ее строительства и введения в окончательную эксплуатацию. Для США развивать МКС в долгосрочной перспективе совершенно бессмысленно. Вместо этого в НАСА планируют:

- 1) создание большой орбитальной станции на земной орбите (до 50 человек экипажа);
- 2) создание малой орбитальной станции на орбите Луны;
- 3) создание обитаемой базы на Луне;
- 4) пилотируемые экспедиции к Марсу;
- 5) высадку людей на поверхность Марса;
- 6) ввод в эксплуатацию двух новых пилотируемых кораблей-челноков для смены экипажей, работающих на орбитальных станциях [6, 7].

Космический город.
Иллюстрация Рика Гвидице. 1970



Чтобы защитить крупное индустриальное космическое поселение от радиации, нужно применить пассивную защиту, масса которой составит не менее 4,5 тонн на каждые два квадратных метра наружных стенок: общая масса этой защиты будет равна почти 10 млн тонн.



Современный пилотируемый космический аппарат – это, прежде всего, составная часть определенной программы. Нет смысла разрабатывать новый корабль, не имея представления о задачах его эксплуатации. Новые космические аппараты США проектируются не только для доставки грузов и экипажей на МКС, но и с целью полетов на Марс и Луну, к чему МКС непригодна в принципе.

Чем ближе намеченный срок вывода из эксплуатации, тем активнее ведутся разговоры об альтернативе МКС. Предлагают самые разные варианты.

Еще во второй половине XX века появились проекты создания настоящих автономных промышленных городов на орбите. Можно вспомнить «Остров» О’Нилла, «Сферу Бернала» или «Стэнфордский тор». Все они представляли собой проекты гигантских орбитальных станций с искусственной гравитацией, рассчитанных на тысячи обитателей.

Представлялось, что каждый из проектируемых космических промышленных мегаполисов сможет сам себя материально обеспечивать и поддерживать автономную работоспособность, что, безусловно, очень важно в контексте постепенного развития полной независимости станций постоянного проживания (СПП) от промышленного комплекса Земли.

Сейчас подобные проекты кажутся мировому обществу чересчур сложными, дорогими и даже несколько наивными. Однако специалисты из вашингтонской компании DC United Space Structures Билл Кемп и Тед Мазейка, судя по всему, так не считают. Во всяком случае, их проекты явно созданы под влиянием титанов минувших лет.

Эксперты предложили целое семейство промышленных станций. Диаметр самой маленькой из них составил 30 метров (плечо – радиус вращения – 15 метров), а диаметр средней – 100 метров. Именно на последний вариант возлагают наибольшие надежды. Во всяком случае, DC United Space Structures представила изображения этой станции и схемы ее внутреннего устройства [8, 9].

По мнению американских ученых, чтобы защитить крупное промышленное космическое поселение от радиации, нужно применить пассивную защиту, масса которой составляла бы не менее 4,5 тонн на каждые два квадратных метра наружных стенок. То есть общая масса этой защиты будет равна почти 10 млн тонн. Естественно, задачу доставки на орбиту такого гигантского груза нельзя выполнить чисто технически при нынешнем уровне технологического развития космической индустрии.

Нужны сотни ракетных систем многоразового цикла. Необходима тотальная, невиданная ранее индустриализация космоса в эпоху космиче-

ского общества, которое постепенно закономерно и неизбежно приходит в историю цивилизации вслед за индустриализацией первобытнообщинной, рабовладельческой, феодальной, капиталистической и социалистической.

Речь идет, в первую очередь, об огромном промышленном космическом орбитальном корабле-центрифуге НАСА (корабле-«грибе»), на фоне которого даже такой внушительный корабль, как «Спейс шаттл», покажется маленьким. Но разработка DC United Space Structures – это, скорее, пока компромисс между существующей МКС и гигантскими орбитальными городами фантастов.

Диаметр космического корабля-«гриба» НАСА составит 100 метров, длина – 500 метров. МКС имеет куда более скромные размеры: ее ширина равняется 109 метрам, а длина – 73,15 метра при диаметре жилой части 4,44 метра.

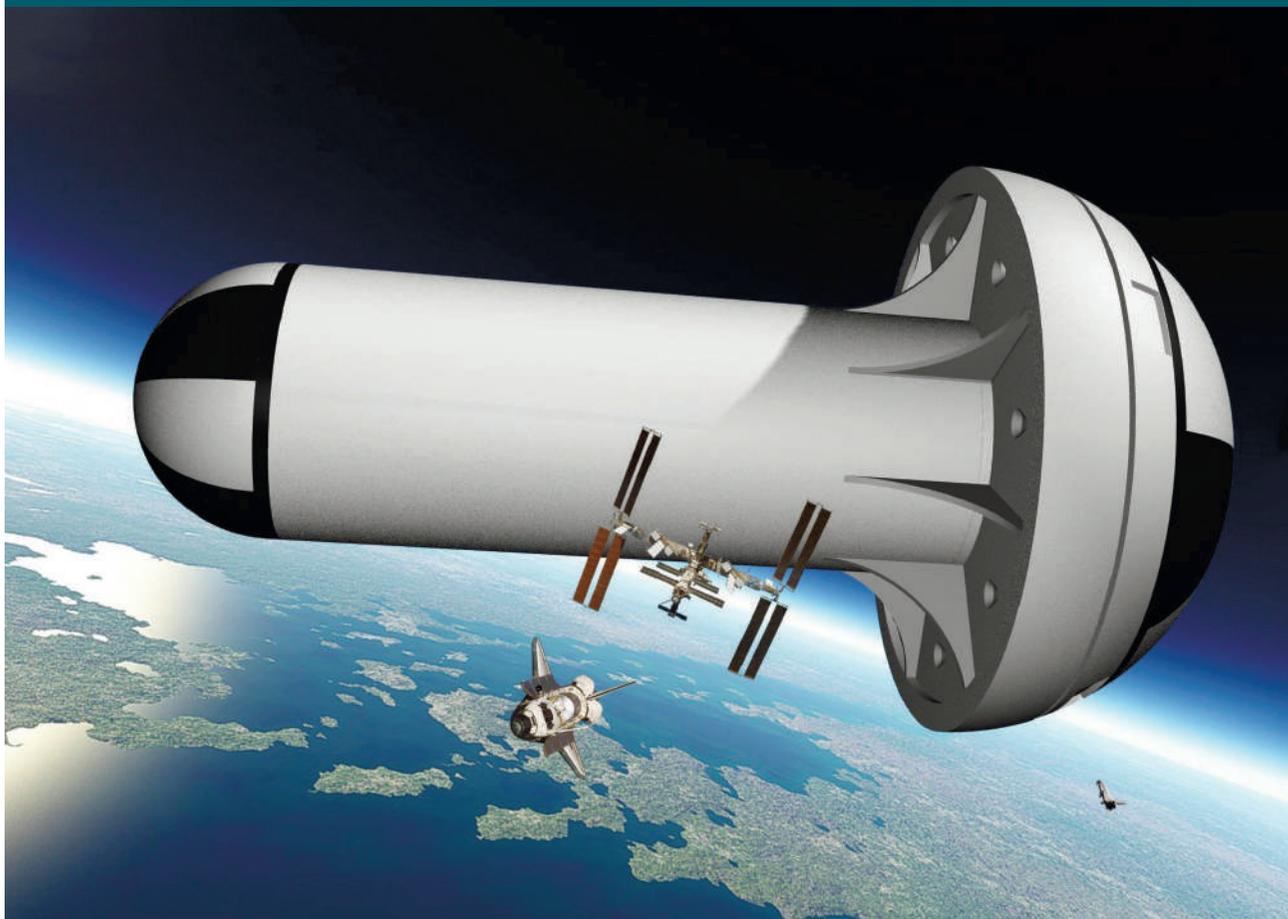
Жилой объем перспективной станции – корабля-«гриба» НАСА – составит 2,8 млн кубических метров, что примерно в 3000 раз больше объема современной МКС, имеющей 916 м³. С другой стороны, например, со «Сферой Бернала» проект DC United Space Structures тоже сравниться не может, ведь диаметр последней, согласно задумке, должен был составлять 16 км. Такой город сможет вмещать одновременно от 20 до 30 тысяч жителей. Он планируется как большой промышленный комплекс с полным самообеспечением, как центр космической индустрии.

При этом «гриб» унаследует основную идею старых проектов – искусственную гравитацию. Ее планируют создавать при помощи вращения станции вокруг центральной оси (плечо – радиус вращения – 50 метров). Это будет «центрифуга в космосе», скорость вращения которой составит $\approx 4,25$ об/мин (≈ 255 оборота в час). При этом возникнет центробежная сила, примерно равная $\approx 1g = 9,8$ м/сек². Она позволит всем находящимся на борту станции избежать невесомости и чувствовать себя как на поверхности Земли.

На ограниченном отрезке времени человек может адаптироваться к невесомости, но выполнять привычные действия станет намного тяжелее. Разогрев пищи, принятие душа, поход в туалет – все эти привычные землянам вещи не так просто сделать на борту МКС.

Невесомость негативно воздействует на организм человека в целом в долговременной перспективе. Один из самых неприятных эффектов невесомости – быстрая атрофия мышц, включая мышцу сердца и мышечную ткань кровеносных сосудов. Происходит деструкция костного скелета, кровеносной системы красного костного мозга с последующим прогрессирующим снижением всех основных физических показателей организма.

РИС. 2. Орбитальный индустриальный город в форме космического корабля-центрифуги (корабля-«гриба») НАСА



На МКС для борьбы с отрицательными последствиями невесомости сегодня используют специальные тренажеры с разной степенью эффективности. Но полностью избежать названных последствий с их помощью невозможно. Поэтому было бы предпочтительным не иметь их вовсе, введя искусственную гравитацию для всего космического корабля в целом или хотя бы только для жилой его части в сочетании с надежной защитой экипажа от жесткой космической радиации.

Мы пока ничего не знаем о долгосрочных проблемах пребывания человека в условиях микрогравитации. Многие советские космонавты и американские астронавты бывали в космосе кратковременно по многу раз. Но никто и никогда не жил там непрерывно на протяжении долгих лет.

Проекты, подобные задуманному DC United Space Structures, подразумевают долговременное нахождение человека в космосе. «Если мы хотим оставаться в космосе дольше года, нам нужно обязательно сделать на СПП систему искусственной

Проектируемый НАСА корабль унаследует основную идею старых проектов – искусственную гравитацию. Ее планируют создавать при помощи вращения станции вокруг центральной оси. Это позволит всем находящимся на борту чувствовать себя как на поверхности Земли.



гравитации, или мы будем подвергать опасности жизнь людей», – считает Билл Кемп, основатель и генеральный директор United Space Structures.

К условиям космического «гриба» придется привыкать. Искусственная гравитация имеет заметные отличия от ее природного аналога на поверхности Земли.

Так, прогулка в направлении вращения станции будет похожа на спуск по склону, и возникнет чувство уходящего из-под ног пола. Если идти в противоположном направлении, создается ощущение подъема в гору. А при перпендикулярной вращению прогулке астронавту покажется, что он «заваливается» в сторону.

«Выбранная скорость вращения зависит от радиуса-плеча вращающегося объекта и степени искусственной гравитации, которая нам нужна: чем больше радиус, тем ниже скорость вращения, и наоборот», – считает Кемп.

III. ПРОЕКТ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ОРБИТАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ-ЦЕНТРИФУГИ НАСА

Основной цилиндрический корпус орбитальной станции («ножка гриба») будет вращаться в одну сторону, а купол («шляпка») – в противоположную. Это необходимо для компенсации гироскопического эффекта, или стабилизирующего эффекта вращающегося волчка-юлы. Иначе станцией трудно управлять и ориентировать ее в пространстве.

Такая конструкция требуется для дальнейшего обустройства стыковочного модуля, который должен принимать космические корабли. Станцию планируют изготовить с использованием композитных материалов, некоторые из которых только предстоит создать.

У основания станции разместится индустриальная аппаратура для сбора космических ресурсов, которые содержат, например, кометы или астероиды. Затем – секция, где будут ожидать своего часа несколько космических кораблей, например для полета к Луне или Марсу. На представленных DC United Space Structures изображениях космолеты имеют футуристический внешний вид: пока ничего подобного не существует.

Далее расположат производственные помещения. Микрогравитация создает уникальные условия для производства, так что пользы от новой станции сложно переоценить. Ближе к «шляпке» гигантского «гриба» разместят отель, 3D-арену и другие места отдыха.

Самая большая часть станции – ее купол – должна служить местом выращивания пищи для экипажа, что чрезвычайно важно в рамках концепции самообеспечения. Кроме того, именно в куполе будут находиться командный центр, аппаратура, необходимая для работы экипажа станции, и спасательный корабль, который в случае ЧП доставит людей на Землю.

Уникальные условия станции помогут лучше понять изменения климата, происходящие на Земле. Также станция может стать площадкой для революционных исследований в области биологии и медицины. Впервые появится возможность изучить долговременные последствия пребывания человека вне родной планеты.

Вариантов применения космического корабля-«гриба» великое множество. Вместе с тем, в отличие от «Острова» О’Нилла, «Сферы Бернала» или «Стэнфордского тора», его нельзя рассматривать как некий новый мир, где земная цивилизация нашла бы свое автономное спасение в случае глобальной катастрофы. Зависимость первых вариантов перспективной орбитальной станции от индустриального комплекса Земли останется весьма значительной.

Когда именно планируют построить станцию? Строительство, по предварительным данным, займет около 30 лет: это в три раза дольше, чем было затрачено на постройку МКС. Да и предполагаемая цена проекта несоизмеримо выше – 300 млрд долларов (примерно по 10 млрд долларов в год).

Для сравнения: сегодня только текущее ежегодное содержание МКС обходится НАСА в 4 млрд долларов, что делает эти проекты конкурирующими и вполне объясняет стремление НАСА не иметь бессмысленных расходов в долговременной перспективе, отдав предпочтение строительству более совершенного космического объекта, каким является орбитальный индустриальный город в форме корабля-«гриба» (рис. 2).

Ежесуточные 8 часов сна на центрифуге-постели могут позволить космонавтам снять часть гравитационных проблем в продолжительных экспедициях.



Но как именно будут создавать станцию DC United Space Structures? Согласно задумке, для этого используют специальных насекомоподобных роботов, обладающих множеством «рук» для одновременного выполнения разнообразных задач. Пока таких устройств не существует, однако концепция орбитальных роботов-строителей используется уже много лет.

Так, при создании МКС были использованы «Канадарм-1» и «Канадарм-2». Последний робот выполняет ключевую роль при сборке и обслуживании космической станции. Он перемещает оборудование и материалы в пределах МКС, помогает экипажу работать в открытом космосе и обслуживает инструменты и другую полезную нагрузку, находящуюся на поверхности станции. Для изготовления роботов-строителей, как и самой станции-центрифуги, планируют применить новейшие композитные материалы.

IV. ЭКОЛОГИЯ КОСМОСА

Проект от DC United Space Structures является, по сути, лишь смелой инициативой, неплохо проработанным дизайнерским планом. Сами создатели отмечают, что у них пока нет возможности ответить на все технические вызовы. Не совсем понятно, как именно собираются достичь защиты от радиации. Разработчики надеются, что соответствующие технологии создадут в будущем.

Большой станции потребуется и надежная защита от космической пыли и мусора, которого на орбите становится все больше. Сейчас там примерно 17,8 тысячи относительно крупных объектов, размеры которых составляют 10 см. Если же говорить о мелких (размером от 1 мм), то их специалисты насчитывают более одного миллиарда.

Насколько это опасно? В 1983 году миниатюрная песчинка примерно 0,2 мм в диаметре оставила серьезную трещину и углубление диаметром 0,4 мм на иллюминаторе «Спейс шаттла». Намного позже, в 2016 году, на стекле иллюминатора МКС нашли сантиметровую выбоину, оставленную, как предполагается, миниатюрной частичкой краски или металла.

Иными словами, при скорости на орбите более 27 тысяч км/ч даже 10-сантиметровый осколок может стать смертельным. Так что риск для МКС весьма велик. Что уж тогда говорить о более крупном объекте, на борту которого находятся тысячи человек?

Уникальные условия станции позволят ей стать площадкой для революционных исследований в области биологии и медицины. Впервые появится возможность изучить долговременные последствия пребывания человека в космосе.



Рис. 3.

«Колесо жизни» – модуль индустриальной космической станции. Герман Поточник-Ноордунг (1928 год)

V. РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ РАМОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОСМИЧЕСКИХ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ КОВЧЕГОВ

Герман Поточник-Ноордунг опубликовал книгу по пилотируемым межпланетным станциям в 1928 году.

Проект Ноордунга предусматривал создание для экипажа искусственной силы тяжести путем расположения жилых и вспомогательных помещений на ободе колеса диаметром 30 метров (плечо-радиус 15 метров), вращающегося со скоростью 8 об/мин или ≈ 480 оборотов за 1 час с ускорением в $\approx 9,8 \text{ м/сек}^2 = 1 \text{ g}$ [10].

В реальном исполнении центрифуги-корабли на орбите всегда будут спаренными торами, вращающимися в противоположные стороны для компенсации момента импульса. Возникает вопрос о расчете минимально допустимого плеча – радиуса вращения. При уменьшении радиуса вращения увеличивается окружная скорость разных частей тела и, следовательно, увеличивается процентное ее изменение по направлению от ног к голове (или наоборот – от головы к ногам) стоящего человека.

Возникает градиент, то есть распределение искусственной силы тяжести в направлении «голова – ноги» или «ноги – голова». Иначе говоря, на ноги будет действовать большая сила тяжести, чем на голову, или наоборот при обратном размещении. Такого распределенного градиента не будет, если человек расположится на полу – тогда голова и ноги окажутся на одной линии удаления от центра вращения.

Испытаниями на центрифугах установлено, что это изменение между крайними частями тела не должно превышать 10–15%; в противном случае при движениях космонавта будут возникать неблагоприятные для его самочувствия кориолисовы ускорения.

Ориентируясь на средний рост человека ($\approx 1,8$ метра), легко подсчитать нижний предел для окружной скорости вращения кабины. Он равен примерно $6,7 \text{ м/сек}$ [11].

Размер плеча – радиуса вращения СПП должен находиться в диапазоне от ≈ 25 до 3600 метров для устойчивого достижения уровня искусственной силы тяжести, равной земной в $\approx 1,0 \text{ g}$.

Минимальное плечо – радиус вращения такой станции, рассчитанной по классической формуле:

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

с незначительными кориолисовыми ускорениями составляет ≈ 25 метров при скорости вращения $\approx 5,98$ оборотов/мин или $\approx 359,13$ оборотов за 1 час.

В этой формуле:

a – ускорение ($a = 1,0 \text{ g} = 9,8 \text{ м/сек}^2$), ω – угловая скорость (измеряется в количестве радиан в секунду, $\omega = 0,6260 \text{ рад/сек}$), R – радиус ($R \approx 25 \text{ м}$).

Один оборот в минуту соответствует обороту в $\approx 0,1046$ радиана в секунду ($2\pi R/60 \text{ сек} = 0,1046667 \text{ рад/сек}$) (рис. 3).

Если плечо – радиус вращения составит ≈ 100 метров, то для того, чтобы получить ускорение в $9,8 \text{ м/сек}^2$ (1 g), вращение должно происходить со скоростью примерно три оборота в минуту или ≈ 180 оборотов за 1 час.

Если плечо – радиус вращения СПП составит ≈ 900 метров, то для того, чтобы получить ускорение в $9,8 \text{ м/сек}^2$, вращение должно происходить со скоростью примерно один полный оборот в минуту или 60 оборотов за 1 час (1-часовой цикл). Это будут грандиозные космические часы, состоящие из двух сдвоенных, соосных, вращающихся в разных направлениях торов.

Если плечо – радиус вращения составит ≈ 3600 метров, то для того, чтобы получить ускорение в $9,8 \text{ м/сек}^2$, вращение должно происходить со скоростью примерно $0,5$ ($1/2$) оборота в минуту (один полный оборот за две минуты) или 30 оборотов за 1 час (2-часовой цикл за 60 полных оборотов).

Если плечо-радиус составит $\approx 2,7$ метра (центрифуга малого радиуса), то для того, чтобы получить ускорение в $9,8 \text{ м/сек}^2$, вращение должно происходить со скоростью примерно 18,25 оборота в минуту или ≈ 1095 оборотов за 1 час.

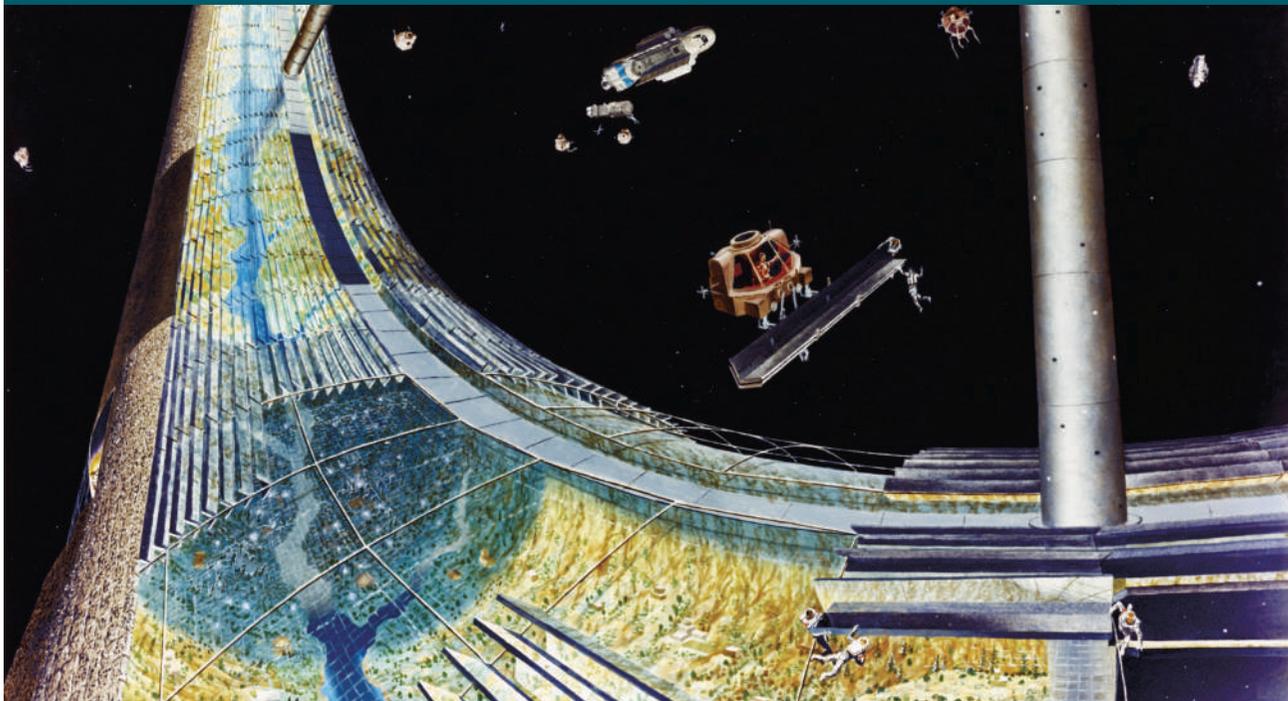
В компактном варианте центрифугу малого радиуса ($\approx 2,7$ метра) можно использовать не только для периодических тренировок в «тренажерном зале» орбитальной станции, но и для индивидуального сна.

Считается, что если космонавты будут проводить на такой тренажерной центрифуге-постели ежедневно по восемь часов, теоретически это может снять часть гравитационных проблем в продолжительных экспедициях [12].

Но вряд ли космонавты воспримут как комфортную частоту вращения центрифуги малого радиуса более 1000 оборотов в час. Однако уменьшение частоты вращения хотя и снизит частично влияние микрогравитации на уровень разрушения скелета, но не решит ее в полной мере.

Центрифуги малого радиуса есть некий промежуточный временный паллиатив, который не решает проблему постоянного проживания в космосе для всего спектра космического населения, включая рожениц, новорожденных, детей, молодежи и людей пожилого возраста, а также животных и птиц.

Как видно из приведенных расчетов, для решения этих задач нужны космические комплексы



гомеостатических ковчегов с плечами – радиусами вращения в диапазоне от 100 до 3600 метров с наилучшими результатами при радиусах ковчега от 1000 до 4000 метров. В космосе на первых этапах его освоения адекватными будут только такие «космические» мегаразмеры.

Исторически предшественником всех современных космических кораблей-центрифуг является знаменитая центрифуга ЦФ-18 в Центре подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, имеющая массу 305 тонн.

Ее кабина вмещает сразу двух испытуемых. Плечо аппарата составляет радиус вращения ≈ 18 метров, при котором доля влияния кориолисова ускорения на вестибулярный аппарат становится незначительной, и человек уже не замечает, что его крутят, – ему кажется, что он летит по прямой. Отсутствие ощущения вращения дает возможность представить перегрузки в наиболее чистом виде – так, как они ощущались бы при линейном движении корабля.

В 1971 году было составлено техническое задание на строительство новой большой центрифуги для Звездного Городка. Выяснилось, что для отечественной промышленности создать такую машину – задача непростая.

Во-первых, для этого пришлось бы на значительное время остановить несколько авиазаводов. Во-вторых, технологии создания крупномасштаб-

ной прецизионной механики были доступны лишь странам, имевшим опыт изготовления гидроагрегатов, а СССР в этой области отнюдь не числился лидером. Выбор пал на шведскую компанию ASEA [13], давно и успешно строившую центрифуги.

Скандинавские машиностроители производили изделия куда меньшего размера, чем требовалось заказчику, но с техническим заданием Звездного Городка они справились на отлично – до сих пор ЦФ-18 имеет значительный невыработанный ресурс. Свои услуги ASEA оценила в 11 тонн золота.

На воплощение замысла конструкторов ушло 10 лет, и результатом работы шведских инженеров стало настоящее произведение искусства – динамический тренажер с 18-метровым рычагом. Пусковая мощность ЦФ-18 составляет 27 мегаватт.

Центрифуга ЦФ-18 была введена в эксплуатацию в 1981 году. Она способна развивать перегрузки до 30 единиц (30 g) при максимальном градиенте разгона в 5 g/c. Конструкцией предусмотрено вакуумирование кабины до 20 мм рт. ст., варьирование температуры от +5 до +55 °C, а также изменение газового состава атмосферы кабины.

Перегрузка в ≈ 30 g достигается примерно при $\approx 38,63$ оборота в минуту ($\approx 2318,23$ оборота в час), это максимальное расчетное значение для центрифуги ЦФ-18.

РИС. 4. Центрифуга ЦФ-18 в ЦПК имени Ю. А. Гагарина



При $\approx 21,16$ оборота в минуту ($\approx 1269,74$ оборота в час) перегрузка достигнет $\approx 9 g$, то есть того расчетного значения, которое используется сегодня для тренировки организма космонавта при моделировании нештатной ситуации, возникающей при спуске с орбиты ИСЗ по аварийной баллистической траектории.

При $\approx 15,77$ оборота в минуту ($\approx 946,41$ оборота в час) перегрузка достигнет $\approx 5 g$, то есть того расчетного значения, которое используется сегодня для штатной тренировки организма космонавта при моделировании выведения кораблей на низкую околоземную орбиту ИСЗ. При $\approx 7,05$ оборота в минуту ($\approx 423,24$ оборота в час) перегрузка достигнет $\approx 1 g$.

На испытаниях используется три типа кресел – штатные, космические кресла «Казбек-УН» и кресла, применяемые в истребителях ВВС РФ. Пока космонавт вращается, семь врачей постоянно контролируют его физическое состояние.

Строительство центрифуги с плечом-радиусом (в виде трубчатой фермы) длиной 18 метров потребовало специальных промышленных технологий. Самым интересным узлом аппарата является огромный опорно-направляющий подшипник скольжения, на котором плечо-радиус ЦФ-18 вращается почти бесшумно. Фактически центрифуга поставлена на закрытую емкость, в которую с помощью роторных насосов поддавливается масло.

При старте центрифуга поднимается на высоту масляной пленки – всего 40 мкм, но этого микроскопического слоя хватает, чтобы обеспечить плавное вращение на высоких скоростях в весьма экономичном режиме.



Строительством большой центрифуги для Звездного Городка занималась шведская компания ASEA. Для скандинавских машиностроителей это было принципиально новым техническим заданием – традиционно они производили изделия гораздо меньшего размера.





Литература

1. **Морозов С.Л.** Гомеостатический ковчег как главное средство в стратегии освоения космоса // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 3. С. 28-37.
2. Gemini 11 [Электронный ресурс] // Википедия – свободная энциклопедия. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Gemini_11 (Дата обращения: 20.12.2018).
3. **Mark S., Scott G. B. I., Donoviel D. B., Leveton L. B., Mahoney E., Charles J. B., Siegel B.** The Impact of Sex and Gender on Adaptation to Space: executive Summary. Journal of women`s health. 2014. Vol. 23. No. 11. Pp. 941-947.
4. **Вадим Иркутский.** Сколько лететь с Земли до Марса – время и маршруты [Электронный ресурс] // Equity.today. Портал о мировых финансовых рынках. URL: <https://equity.today/polet-na-mars.html> (Дата обращения: 30.07.2018).
5. **Марина Морская.** Обшивка МКС разрушается от космической радиации [Электронный ресурс] // Naked Science. URL: <https://naked-science.ru/article/sci/obshivka-mks-razrushaetsya-ot> (Дата обращения: 07.12.2018).
6. **Игорь Шалашников.** Шаттлы. Программа «Спейс шаттл». Описание и технические характеристики [Электронный ресурс] // «Викичитение». URL: <https://info.wikireading.ru/87507> (Дата обращения: 09.12.2018).
7. Launch Dates to be Updated More Regularly as Commercial Crew Flights Draw Nearer [Электронный ресурс] // NASA. URL: <https://www.nasa.gov/feature/launch-dates-to-be-updated-more-regularly-as-commercial-crew-flights-draw-nearer> (Дата обращения: 09.12.2018).
8. **Илья Ведмеденко.** Замена для МКС: гигантский «гриб» на орбите [Электронный ресурс] // Naked Science. URL: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/zamena-dlya-mks-gigantskiy> (Дата обращения: 20.12.2018).
9. **Илья Ведмеденко.** Будущее космических полетов: кто придет на смену «Спейс шаттлу» и «Союзу» [Электронный ресурс] // Naked Science. URL: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/the-future-of-space-flight> (Дата обращения: 20.12.2018).
10. **Бубнов И.Н.** Искусственная сила тяжести. Обитаемые космические станции [Электронный ресурс] // «Викичитение». URL: <https://tech.wikireading.ru/11573> (Дата обращения: 20.12.2018).
11. **Бубнов И.Н., Каманин Л.Н.** Обитаемые космические станции [Электронный ресурс] // Litra.pro. URL: <http://litra.pro/obitaemie-kosmicheskie-stancii/bubnov-igorj-nikolaevich/read/6> (Дата обращения: 20.12.2018).
12. **Юртикова О.** Искусственная гравитация и способы ее создания [Электронный ресурс] // Fb.ru. URL: <http://fb.ru/article/274686/iskusstvennaya-gravitatsiya-i-sposobyi-ee-sozdaniya> (Дата обращения: 20.12.2018).
13. Центр подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина: лестница в космос [Электронный ресурс] // Fishki.net. URL: <https://fishki.net/2226620-centr-podgotovki-kosmonavtov-im-ju-a-gagarina-lestnica-v-kosmos.html> (Дата обращения: 20.12.2018).

References

1. **Morozov S.L.** Gomeostatcheskiy kovcheg kak glavnoe sredstvo v strategii osvoeniya kosmosa. *Vozdushno-kosmicheskaya sfera*, 2018, no. 3, pp. 28-37.
2. Gemini 11. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Gemini_11 (Retrieval date: 20.12.2018).
3. **Mark S., Scott G. B. I., Donoviel D. B., Leveton L. B., Mahoney E., Charles J. B., Siegel B.** The Impact of Sex and Gender on Adaptation to Space: executive Summary. *Journal of women`s health*, 2014, vol. 23, no. 11, pp. 941-947.
4. **Vadim Irkutskiy.** Skol'ko letet' s Zemli do Marsa – vremya i marshruty. *Equity.today*. Portal o mirovykh finansovykh rynkakh. Available at: <https://equity.today/polet-na-mars.html> (Retrieval date: 30.07.2018).
5. **Marina Morskaya.** Obshivka MKS razrushaetsya ot kosmicheskoy radiatsii. *Naked Science*. Available at: <https://naked-science.ru/article/sci/obshivka-mks-razrushaetsya-ot> (Retrieval date: 07.12.2018).
6. **Igor' Shalashnikov.** Shattly. Programma "Speys shattl". Opisanie i tehnikheskie kharakteristiki. *Wikireading.ru*. Available at: <https://info.wikireading.ru/87507> (Retrieval date: 09.12.2018).
7. Launch Dates to be Updated More Regularly as Commercial Crew Flights Draw Nearer. *NASA*. Available at: <https://www.nasa.gov/feature/launch-dates-to-be-updated-more-regularly-as-commercial-crew-flights-draw-nearer> (Retrieval date: 09.12.2018).
8. **Il'ya Vedmedenko.** Zamena dlya MKS: gigantskiy "grib" na orbite. *Naked Science*. Available at: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/zamena-dlya-mks-gigantskiy> (Retrieval date: 20.12.2018).
9. **Il'ya Vedmedenko.** Budushchee kosmicheskikh poletov: kto pridet na smenu "Speys shattlu" i "Soyuzu". *Naked Science*. Available at: <https://naked-science.ru/article/nakedscience/the-future-of-space-flight> (Retrieval date: 20.12.2018).
10. **Bubnov I.N.** Iskusstvennaya sila tyazhesti. Obitaemye kosmicheskie stantsii. *Wikireading.ru*: <https://tech.wikireading.ru/11573> (Retrieval date: 20.12.2018).
11. **Bubnov I.N., Kamanin L.N.** Obitaemye kosmicheskie stantsii. *Litra.pro*. Available at: <http://litra.pro/obitaemie-kosmicheskie-stancii/bubnov-igorj-nikolaevich/read/6> (Retrieval date: 20.12.2018).
12. **Yurtikova O.** Iskusstvennaya gravitatsiya i sposoby ee sozdaniya. *Fb.ru*. Available at: <http://fb.ru/article/274686/iskusstvennaya-gravitatsiya-i-sposobyi-ee-sozdaniya> (Retrieval date: 20.12.2018).
13. Tsentр podgotovki kosmonavtov im. Yu. A. Gagarina: lestnitsa v kosmos. *Fishki.net*. Available at: <https://fishki.net/2226620-centr-podgotovki-kosmonavtov-im-ju-a-gagarina-lestnica-v-kosmos.html> (Retrieval date: 20.12.2018).

© Морозов С.Л., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 24.12.2018

Принята к публикации: 14.01.2019

Модератор: Гесс Л.А.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Морозов С. Л. Идеология космической экспансии // *Воздушно-космическая сфера*. 2019. №1(98). С. 50-61.