

А.Э.Юницкий

СТРУННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ НА ЗЕМЛЕ И В КОСМОСЕ

ЧАСТЬ 2
ОБЩЕПЛАНЕТНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО

ВВЕДЕНИЕ

1. НЕОБХОДИМОСТЬ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ КОСМОСА

Сегодня исчезает ежедневно несколько видов живых организмов, а по прогнозам уже через 20 лет эта цифра возрастет до 100. Они исчезают и исчезнут навсегда, невозвратимо. Но природа создала эти формы жизни не для того, чтобы мы убили их.

Интенсивно растет число заболеваний раком, аллергией, легочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также — генетических нарушений и наследственных болезней, обусловленных заражением воды, воздуха, почвы.

Происходят необратимые изменения ландшафта, эрозия почв, исчезновение лесов, загрязняются моря и океаны, интенсивно разрушается озоновый слой планеты, защищающий все живое от губительного жесткого излучения Солнца.

Причин происходящих негативных изменений в биосфере Земли множество, но что является первопричиной этих процессов? Только поняв это, можно избежать деградации биосферы и человечества, как одного из биологических видов, а также определить пути гармоничного развития цивилизации в будущем.

По современным представлениям, жизнь зародилась на Земле около четырех миллиардов лет назад. Развиваясь, приспосабливаясь к существовавшим тогда на планете условиям, живые организмы начали преобразовывать окружающую среду. Эти преобразования были не меньшими, чем те, которые происходили с живыми организмами по мере их развития и совершенствования. Так на мертвой вначале и пустынной планете появилась содержащая кислород атмосфера, почва, коралловые острова, озоновый слой, современный ландшафт с его болотами, тундрой, тайгой и джунглями. Так появилась биосфера, в которой миллионы видов живых организмов и преобразованная ими планета идеально друг к другу подогнаны. Здесь нет ничего лишнего.

Но вот появился человек, который, благодаря разуму, стал усиливать мощь своих мускулов, органов чувств, интеллекта, начал создавать технику, осваивать технологические процессы. Это произошло давно, несколько миллионов лет назад, когда первобытные люди стали

изготавливать первые примитивные орудия труда, а затем начали готовить пищу на костре, выделывать шкуры зверей. Именно тогда человечество встало на технологический путь развития, и нам не дано сегодня это изменить. Современная индустриальная мощь земной цивилизации — лишь логическое развитие технократического направления.

Заводы, фабрики, электростанции, станки, автомобили и т.п. — это аналоги живых организмов в биосфере. И они, как и живые организмы, обмениваются с окружающей средой энергией и веществом, поэтому, также как и организмы, неизбежно должны преобразовывать природу. Только с точки зрения биологии происходит загрязнение окружающей среды. С технической точки зрения, заводы, фабрики, электростанции ничего не загрязняют. На входе у них сырье и материалы, на выходе — готовая продукция и преобразованное исходное сырье (за вычетом готовой продукции), которое, естественно, попадает туда же, откуда и было взято — в окружающую среду. Избежать этого невозможно принципиально. Создать замкнутые технологические циклы, чтобы таким образом решать экологические проблемы, также принципиально невозможно. Это примерно то же самое, если, скажем, искать способ запретить корове, наряду с молоком, вырабатывать и навоз.

Даже биосфера в целом не является замкнутой системой. Ведь она преобразила ранее мертвую Землю. Замкнутой является лишь система “Земля—биосфера”.

Даже вся техносфера, а не отдельный завод или фабрика, в условиях отдельно взятой планеты, не может быть замкнутой системой. Техносфера неизбежно будет преобразовывать Землю. Но в какую сторону?

Кислородсодержащая атмосфера не нужна техносфере. Поэтому, например, уже сегодня промышленность США потребляет больше кислорода, чем вырабатывают его зеленые растения на территории Америки. Американцы живут в долг. Они потребляют кислород, вырабатываемый российской тайгой, джунглями Амазонки. А если все страны достигнут такого уровня индустриального развития?

Техносфере почва не нужна. Поэтому на планете все меньше и меньше плодородной земли, а все больше и больше шлака, золы, терриконов.

* Для технических нужд кислород, в основном, лишь необратимо изымается из атмосферы, например, при сгорании топлива в автомобильном двигателе. И то лишь потому, что это наиболее дешевый (а не единственно возможный) способ. При отсутствии кислорода в атмосфере те же автомобили прекрасно работали бы, если кроме бака с горючим, был бы еще и бак с окислителем.

Кислотные дожди, смог, повышенный уровень радиации, разрушение озонового слоя и т.п. — все это неизбежно. Можно лишь замедлить процесс преобразования земной природы, биосферы, но остановить его нельзя. Техносфера занимает ту же экологическую нишу, что и биосфера в целом: машины, механизмы, технические устройства размещены в толще земли, воды, воздуха и активно обмениваются с ними веществом и энергией. Экологические проблемы встали остро в последней четверти двадцатого века потому, что техносфера по своей энерговооруженности, то есть по возможности преобразовывать окружающую среду, приблизилась к биосфере в целом. Например, сейчас биосфера воспроизводит в год 232,5 миллиарда тонн сухого органического вещества, что, в пересчете на топливо, всего на порядок больше годового потребления энергии всей техникой, имеющейся в распоряжении земной цивилизации. А объем перемещаемого и перерабатываемого техникой грунта, руды и других видов сырья уже вплотную приблизился к объему производства органического вещества биосферой.

Кардинальный выход из сложившейся ситуации только один: необходимо предоставить техносфере экологическую нишу вне биосферы. Это обеспечит сохранение и развитие биосферы по тем законам и направлениям, которые были сформированы в течение миллиардов лет эволюции, а также — гармоничное взаимодействие общности людей, как биологических объектов, с биосферой.

Такой экологической ниши для техносферы на Земле нет. Но она есть в космосе, где для большинства технологических процессов идеальные условия: невесомость, вакуум, сверхвысокие и криогенные температуры, неограниченные сырьевые, энергетические и пространственные ресурсы и т.д.

Таким образом, мы приходим к выводу о необходимости индустриализации космоса, если и в будущем земная цивилизация будет продолжать технологический путь развития.** Для широкомасштабного освоения космоса у человечества не так уж много времени, т.к., по целому ряду прогнозов, из-за технократического гнета на биосферу ее необратимая деградация, а с ней и деградация человеческого рода, начнется через одно—два поколения.

* Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика. — М., “Знание”, 1983, с. 74.

** По-видимому, другого выхода у человечества и не будет — слишком далеко зашел технологический путь развития, который поднял жизненный уровень людей и обеспечил на сегодняшний день существование на Земле около 6 миллиардов людей. Отказ от индустриальной мощи цивилизации поставил бы под угрозу гибели (от голода, болезней, холода и т.д.) миллиарды человек (аналогом подобной ситуации может служить блокадный Ленинград в годы Великой Отечественной войны).

2. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ КОСМОСА

Человечество не имеет опыта индустриального освоения околоземного космического пространства. Да и какой должна быть космическая индустриализация? Каковы ее функции, каковы объемы и виды вырабатываемой продукции? Где в основном будет потребляться эта продукция: в космосе, на Земле? Вопросов может быть задано множество. И на них нельзя дать однозначные ответы сегодня. Любой ответ может быть верным и неверным одновременно — все будет зависеть от тех конкретных путей развития, какие изберет земная цивилизация в будущем при широкомасштабном освоении космоса.

Индустриализация космоса означает создание на орбите условий для производства различных материалов, энергии, машин, получения новой информации, осуществления технологических процессов, научных экспериментов. Поэтому неизбежен значительный грузопоток между потребителем материальной продукции — человечеством, живущим на Земле, и производством этой продукции, размещенным в космосе.

Действительно, объективные причины, отмеченные ранее (экологические ограничения, исчерпаемость земных сырьевых, энергетических пространственных и других ресурсов, опасность перегрева атмосферы и глобальных негативных изменений климата и т.п.), должны в будущем переместить сферу материального производства почти целиком в космос. В то же время человечество, как биологический вид, как и любой другой вид живых организмов на нашей планете, является продуктом четырех миллиардов лет эволюции в земных условиях. Мы идеально подогнаны к земной силе тяжести, земной атмосфере, магнитному и электрическому полю Земли, земным продуктам питания и еще многому другому земному, о чем даже не подозреваем, но без чего не сможем существовать не только сегодня, но и в обозримом будущем. Нигде в нашей огромной Вселенной для нас, землян, не может быть более подходящих условий, чем на нашей прекрасной голубой планете. Поэтому основной потребитель продукции космической индустрии, а это миллиарды человек, будет находиться на Земле.

* Безусловно, освоив космическое пространство, как новую среду обитания с условиями, принципиально отличающимися от земных, часть человечества, пожелавшая жить в космосе, со временем преобразит себя под эти условия (в отличие от рыбы, в доисторические времена вышедшей на сушу, что в итоге привело к появлению на планете и человека, космический человек будет эволюционировать сознательно). Но это слишком отдаленная перспектива, в настоящей работе она не рассматривается.

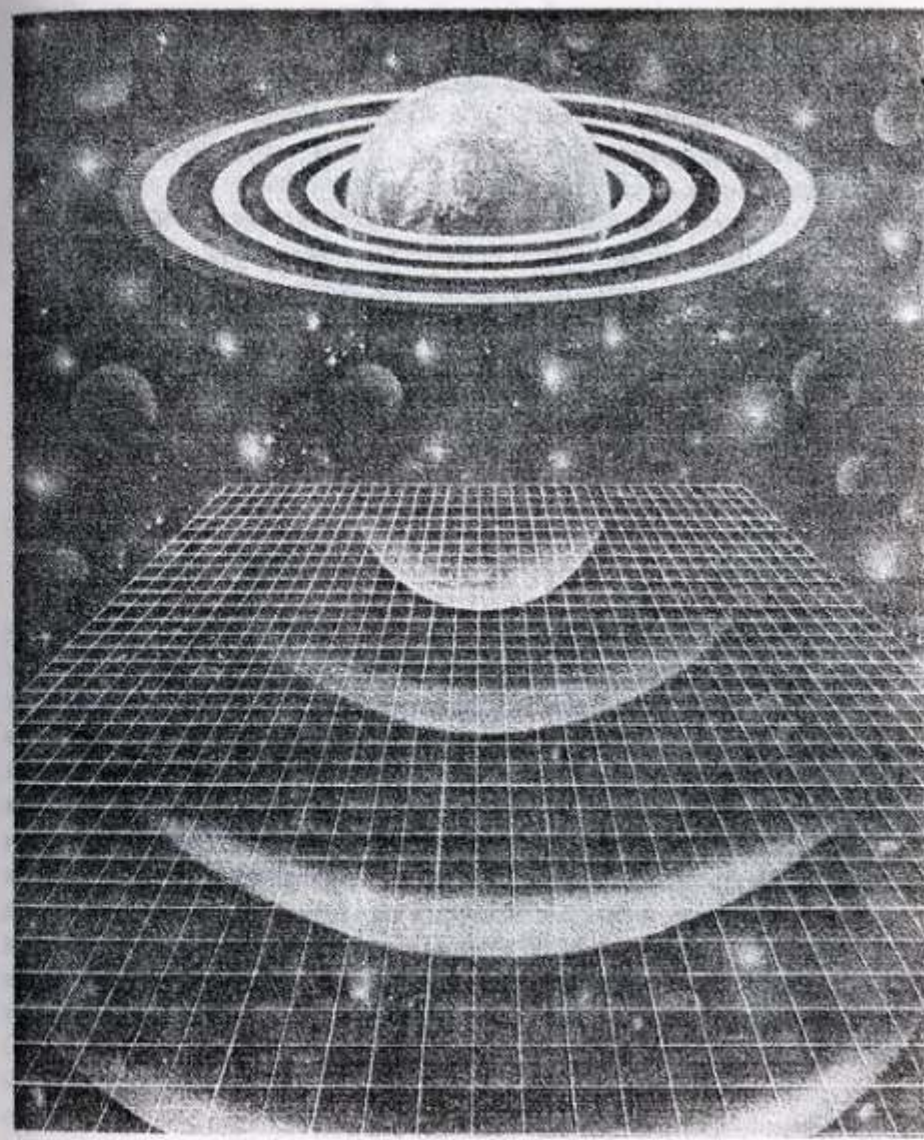


Рис. 1. Схема освоения околоземного пространства в будущем

В то же время цивилизация будет стремиться к повышению жизненного уровня каждого индивидуума, число которых, в свою очередь, будет расти. Отсюда следует, что объем геокосмических перевозок в будущем неизбежно будет иметь примерно те же масштабы, что и у современного наземного транспорта. Около 20 лет назад этот объем

превысил 100 миллиардов тонн грузов в год*. При анализе вопросов индустриализации космоса в будущем необходимо исходить из объемов геокосмических грузопотоков в миллионы и миллиарды тонн в год.

Немаловажным будет место размещения внеземной индустрии. Она должна быть максимально близкой к потребителю, т.е. к поверхности планеты, где будут проживать миллиарды человек. Т.к. индустрия будет включать в себя огромное количество составных элементов (заводы, технологические платформы, электростанции, жилые модули и т.п.), то орбиты их движения не должны пересекаться. В ином случае может произойти, учитывая очень высокую скорость движения, цепная реакция разрушения всей системы ("принцип домино"), что вызовет гибель тысяч людей, обслуживающих космическую индустрию. Избежать такой катастрофы, вероятность которой не равна нулю даже при самой совершенной системе управления, можно только одним способом — размещением внеземной промышленности в экваториальной плоскости планеты (по типу колец Сатурна, Юпитера, Урана). При подобном размещении круговых орбит векторы скоростей движения космических тел, находящихся в произвольный момент времени на одной и той же вертикали, параллельны друг другу независимо от высоты размещения орбиты. При этом разница в абсолютных скоростях движения на соседних орбитах тем меньше, чем ближе они находятся друг к другу. Поэтому здесь можно говорить не о возможности столкновения космических аппаратов, например, в случае какой-либо аварийной обстановки, а об их соприкосновении друг с другом. Это также позволит достаточно легко переходить с орбиты на орбиту и обмениваться между соседними орбитами сырьем, материалами, энергией и произведенной в космосе продукцией.

Таким образом, принцип освоения околоземного пространства в будущем (рис. 1), существенно отличается от современного освоения космоса (рис. 2), где орбиты искусственных спутников Земли и орбитальных станций произвольны и пересекаются друг с другом.

* Для сравнения: к 1990 году усилиями всего человечества на орбиту доставлено с помощью ракетносителей лишь немногим более 10 тысяч тонн полезной продукции, или в среднем, около 300 тонн ежегодно.

** От разрушительных столкновений космических аппаратов на околоземных орбитах на современном этапе развития космонавтики спасает лишь чрезвычайно низкая "заселенность" этих орбит. При переходе к индустриальному освоению космоса эти орбиты должны быть очищены от космических аппаратов, т.к. они будут представлять опасность для экваториальной индустриальной зоны, которая по мере своего развития будет превращаться в диск, охватывающий планету.

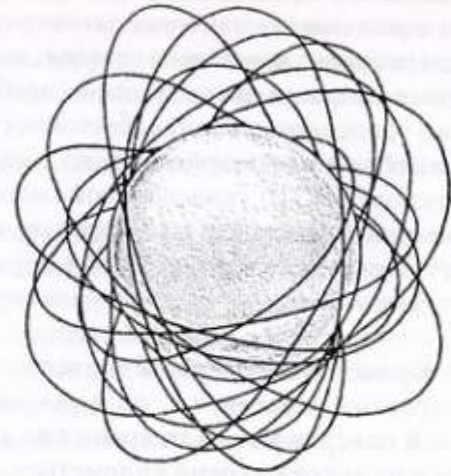


Рис. 2. Схема освоения околоземного пространства в настоящее время

Человечество к настоящему времени освоило практически всю планету, разместив заводы, фабрики, электростанции, жилища не только на суше, но и на дне океана, в Антарктиде, в горах и других труднодоступных местах, протянув различные коммуникации на тысячи километров. Эти коммуникации, по которым может осуществляться передача сырья, энергии, готовой продукции, информации, по которым могут перемещаться люди, и обеспечили создание, развитие и поддержание могущества современной технологической цивилизации. Для этого на Земле создана мощная коммуникационная сеть, куда входит колесный транспорт (автомобильный и железнодорожный), авиация (самолеты, вертолеты, дирижабли), морской и речной транспорт (морские и речные суда, подводные лодки), трубопроводный транспорт (нефте- и газопроводы и т.п.), линии электропередач и др. Однако тысячелетний опыт создания транспортной сети на Земле не может быть использован для освоения космического пространства, т.к. ни один из перечисленных видов транспорта не в состоянии выйти в космос.

Для создания геокосмического транспорта (ГКТ), способного обеспечить индустриальное освоение космоса и переход земной цивилизации в космическую, необходим принципиально иной подход.

Чрезвычайно большие энергетические затраты для индустриализации космоса, налагают на ГКТ ряд серьезных ограничений. Его КПД должен быть близок к 100 процентам, т.к. даже относительно небольшой выброс энергии в окружающую среду при работе ГКТ приведет к серьезным экологическим проблемам, которые и без того становятся

на Земле главной проблемой. Кроме того, в качестве исходной энергии для него необходимо использовать наиболее экологически чистый вид энергии (таким видом энергии, известным сегодня, является электрическая энергия). Кроме решения экологических проблем повышение КПД геокосмического транспорта снизит себестоимость доставки грузов на орбиту, которая обратно пропорциональна, аналогично любому наземному виду транспорта, КПД транспортной системы.

Любой вид наземного транспорта опирается на что-либо земное: автомобиль на дорогу, самолет на воздух, морское судно на воду и т.д. Принципиальное отличие геокосмического транспорта от наземного заключается в том, что он должен быть самонесущим, т.к. в космосе опереться не на что. Кроме того, наземный транспорт может работать с минимальными затратами энергии, т.к. он перемещается практически по горизонтальной поверхности, в то время как для выхода в космос необходим подъем на высоту в сотни километров. При этом наземный транспорт может функционировать на сколь угодно малой скорости, а для освоения космического пространства необходимы космические скорости. Насколько велика эта разница, видно из следующего примера. Каждый килограмм груза, выведенный на низкую орбиту, имеет такую же энергию, что и пригородный электропоезд, имеющий скорость 50 километров в час.

Мы не знаем, каким образом будет развиваться техника в будущем и космическая — в том числе, как не знаем и грядущих открытий. Подобные предсказания — неблагоприятная, да и, в общем-то, бессмысленная затея. Чтобы убедиться в сказанном, достаточно вспомнить наивные научные прогнозы 50-ти или 100-летней давности. Единственное, что можно утверждать с полной уверенностью, — какой-бы эта техника не была, она будет подчиняться фундаментальным законам природы. Такие законы, многократно проверенные практикой, останутся справедливыми и в будущем. В области механики к их числу относятся четыре закона сохранения, к которым могут быть сведены

* Ракета-носитель тратит на это примерно в сто раз больше энергии, чем нужно, т.к. с учетом предполетных (получение компонент топлива, их охлаждение до криогенных температур и т.д.) и полетных потерь энергии (аэродинамическое сопротивление, невысокий КПД работы реактивных двигателей, потеря нижних ступеней, на изготовление которых расходуется большое количество энергии и т.д.), ее общий энергетический КПД составляет около одного процента.

** Размещенные на орбите заводы, фабрики, электростанции, жилые модули, коммуникации и др. составные элементы космической индустрии представляют собой механические системы, имеющие суммарную массу, поэтому принципы их создания и эксплуатации должны рассматриваться в первую очередь с позиций механики.

все остальные частные случаи законов сохранения, а именно: энергии, импульса, момента импульса и движения центра масс системы.

Итак, основными условиями индустриализации космоса будут:

1. Размещение космической индустрии на орбитах в плоскости экватора.
2. Соблюдение законов сохранения при создании внеземной индустрии.
3. Возможность создания ГКТ, удовлетворяющего требованиям:
 - теоретический КПД близок к 100 процентам;
 - обеспечение грузопотоков в миллионы, а в перспективе и в миллиарды тонн грузов в год;
 - использование для выхода в космос экологически чистого вида энергии (электрической);
 - ГКТ должен быть самонесущим.

3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГЕОКОСМИЧЕСКОМУ ТРАНСПОРТУ

3.1. Закон сохранения энергии

Полная работа A_n , которую нужно совершить для доставки груза массой m_r с расстояния R от центра Земли до расстояния r (на круговую орбиту) равна

$$A_n = \frac{\mu_3 m_r}{R} \left(1 - \frac{R}{2r}\right), \quad (1)$$

где μ_3 — гравитационный параметр Земли.

Для этого груз должен иметь характеристическую скорость V_x (у поверхности Земли):

$$V_x^2 = \frac{2\mu_3}{R} \left(1 - \frac{R}{2r}\right) = V_2^2 \left(1 - \frac{R}{2r}\right), \quad (2)$$

где V_2 — вторая космическая скорость.

* М. Фертрегг. Основы космонавтики. — М., "Просвещение", 1969, с. 114.

Транспортная система имеет следующие энергетические параметры:

1. Полные затраты энергии E_n на выведение в космос грузов:

$$E_n = \frac{A_n}{\eta_3} = \frac{K_r}{\eta_3} = \frac{m_r V_x^2}{2\eta_3} = \frac{m_r \mu_3}{\eta R} \left(1 - \frac{R}{2r}\right), \quad (3)$$

где η_3 — энергетический КПД ГКТ (с учетом всех предполетных и полетных потерь энергии); K_r — кинетическая энергия груза, имеющего скорость V_x .

2. Полная мощность N_n , развиваемая ГКТ при выведении грузов на орбиту:

$$N_n = \frac{E_n}{t} = \frac{m_r V_x^2}{2\eta t} = \frac{m_r V \mu_3^2}{\eta R t} \left(1 - \frac{R}{2r}\right), \quad (4)$$

где t — время работы ГКТ (время подведения энергии к грузу).

3. Количество энергии E_{oc} , выбрасываемой в окружающую среду:

$$E_{oc} = E_n - A_n = \frac{m_r V_x^2 (1 - \eta)}{2\eta} = \frac{m_r \mu_3 (1 - \eta)}{\eta R} \left(1 - \frac{R}{2r}\right). \quad (5)$$

4. Мощность N_{oc} выброса энергии в окружающую среду:

$$N_{oc} = \frac{E_{oc}}{t} = \frac{m_r V_x^2 (1 - \eta)}{2\eta t} = \frac{m_r \mu_3 (1 - \eta)}{\eta R t} \left(1 - \frac{R}{2r}\right). \quad (6)$$

3.2. Законы сохранения импульса и момента импульса

Индустриальные кольца, размещенные на круговых экваториальных орбитах на высоте $H = r - R$ и вращающиеся с орбитальной скоростью V_{op} имеют только момент количества движения K_r грузов, доставленных на эту орбиту, а их количество движения относительно планеты равно нулю, т.к. равна нулю радиальная (относительно планеты) скорость. Поскольку орбитальные кольца должны сооружаться с Земли (индустриализация космоса будет осуще-

ствляться производственными, сырьевыми, энергетическими и трудовыми ресурсами планеты — к тому времени космосэтим еще не будет располагать*), то должно соблюдаться условие:

$$J_k \omega_k - J_r \omega_3 = \Delta K_3, \quad (7)$$

где J_k и ω_k — соответственно момент инерции и угловая скорость вращения орбитального кольца; J_r и ω_3 — то же, при нахождении исходных грузов, из которых сооружено орбитальное кольцо на поверхности Земли; ΔK_3 — изменение момента количества движения Земли.

С учетом того, что $V_{op}^2 = \frac{\mu_3}{r}$, $J_k = m_r r^2$ и $J_r = m_r R^2$, выражение (7) может быть записано:

$$\Delta K_3 = m_r (\sqrt{\mu_3 r} - R^2 \omega_3). \quad (8)$$

Из формулы (8) следует, что величина ΔK_3 не зависит от способа выведения груза на орбиту, а лишь от массы груза и высоты орбиты. Поскольку момент количества движения Земли K_3 (относительно своей оси вращения) в любом случае должен измениться, то он обязательно должен быть передан планете от ГКТ. В общем виде КПД λ подведения импульса может быть и не равен единице, а в окружающую среду будет «выброшен» момент количества движения

$$K_{oc} = \frac{m_r (1 - \lambda)}{\lambda} (\sqrt{\mu_3 r} - R^2 \omega_3). \quad (9)$$

Тогда общий момент импульса, создаваемый транспортной системой, будет равен:

$$K = \frac{m_r}{\lambda} (\sqrt{\mu_3 r} - R^2 \omega_3). \quad (10)$$

* Экспансия может идти только изнутри, а не извне; последнее может произойти, если околоземной космос начнут осваивать внеземные цивилизации, но для них это развитие будет осуществляться также изнутри.

3.3. Закон сохранения движения центра масс

Центр масс индустриальных колец совпадает с центром масс Земли, поэтому даже самое широкомасштабное освоение космоса не отражается на движении планеты в космическом пространстве. Благодаря тому, что положение центра масс системы "Земля—индустриальные кольца" не изменяется в пространстве, индустриализация космоса может быть осуществлена за счет внутренних механических сил ГКТ без взаимодействия с окружающей средой, т.е. возможен самонесущий ГКТ. Таким образом, законы сохранения не налагают запрет на использование "принципа барона Мюнхаузена" при сооружении орбитальных колец.

3.4. Анализ законов сохранения применительно к ГКТ

Энергия к грузу может быть подведена и при его полной неподвижности, например, путем его нагрева или "выключения" силы тяжести в гипотетическом антигравитационном корабле. Но, поскольку, к грузу должна подводиться не только энергия, но и импульс, то в процессе подведения энергии груз неизбежно начнет двигаться и пройдет тем больший путь, чем дольше будет подводиться энергия. Этот путь можно определить из условия, что подводимая мощность $N(t) = \text{const}$ в процессе разгона груза.

Тогда из закона сохранения энергии

$$Nt = \frac{m_r V_x^2}{2}, \quad (11)$$

получим выражение для пройденного пути S :

$$S = \frac{4}{3\sqrt{3}} v_x t \quad (12)$$

* Принцип, который использовал барон Мюнхаузен, подняв себя и коня из болота, потянув за косичку; правда, барон пытался нарушить закон сохранения движения центра масс — за счет внутренних сил системы положение центра масс не может быть изменено в пространстве.

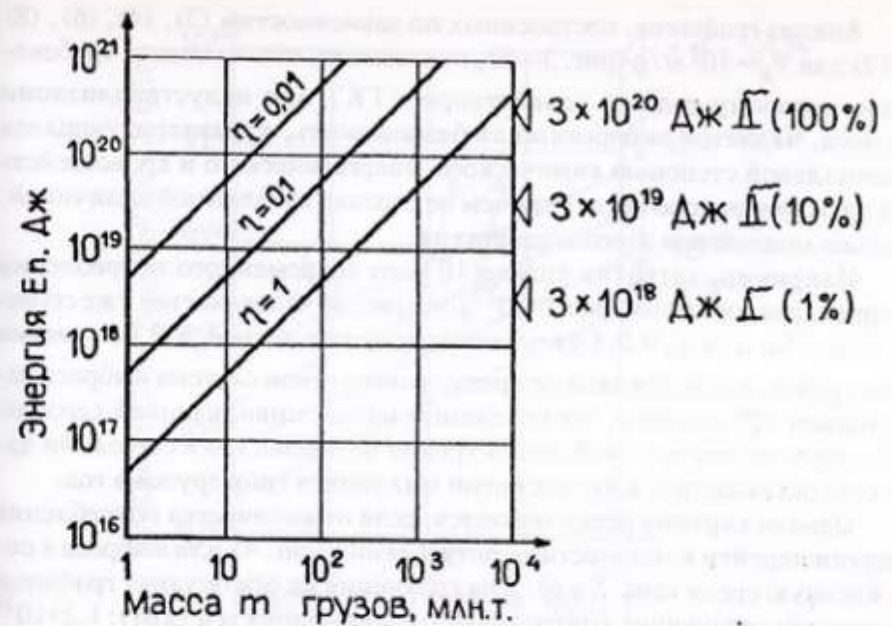


Рис. 3. Затраты энергии на выведение грузов на орбиту (для $v_x = 10^4$ м/с)

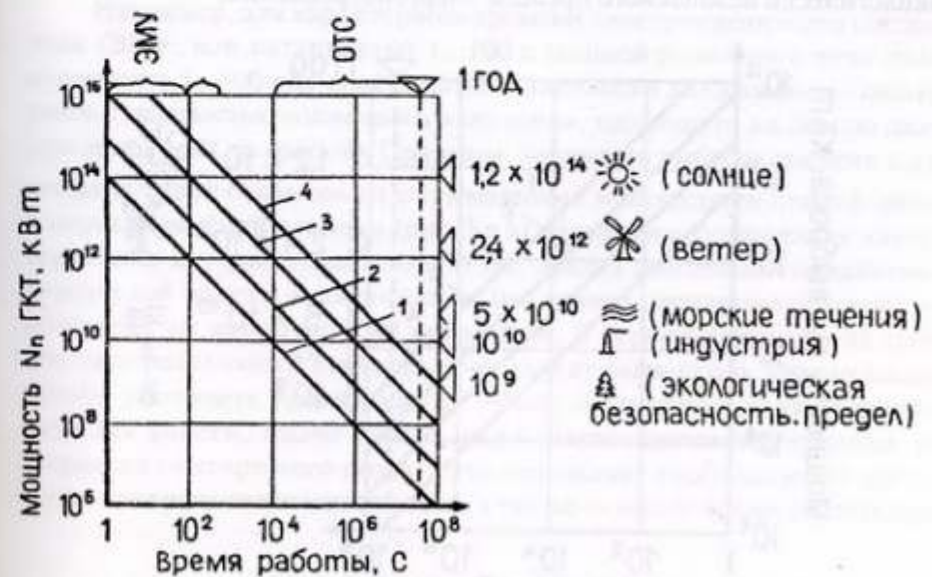


Рис. 4. Мощность, развиваемая ГКТ при выведении грузов на орбиту при $v_x = 10^4$ м/с, $\eta = 0,5$ и m_r , равном: 1 — 1 млн. т; 2 — 10 млн. т; 3 — 100 млн. т; 4 — 1 млрд. т

Анализ графиков, построенных по зависимостям (3), (4), (6), (8) и (12) для $V_x = 10^4$ м/с (рис. 3—8), показывает, что основным требованием, которому должен удовлетворять ГКТ при индустриализации космоса, является экологическая безопасность, характеризующаяся минимальной степенью химического, энергетического и др. воздействия на окружающую среду, причем не столько абсолютной величиной, сколько мощностью этого воздействия.

Например, затратив только 10% от современного потребления энергии, равного примерно 3×10^{20} Дж (рис. 3) человечество уже сегодня могло бы при $\eta_3 = 0,5$ ежегодно выводить в космос 300 миллионов тонн грузов, а в окружающую среду транспортная система выбрасывала только 5% энергии, потребляемой нашей цивилизацией сегодня. Поэтому с энергетической точки зрения человечество в состоянии даже сегодня выводить в космос сотни миллионов тонн грузов в год.

Однако картина резко меняется, если от количества потребления энергии перейти к мощности ее потребления (рис. 4) или выброса в окружающую среду (рис. 5 и 6). Для сравнения на оси ординат графиков приведены следующие контрольные цифры мощностей (кВт): $1,2 \times 10^{14}$ — солнечного излучения, поглощаемого Землей; $2,4 \times 10^{12}$ — всех атмосферных течений планеты; 5×10^{10} — всех морских течений планеты; 10^{10} — современного энергопотребления человечеством; 10^9 — экологически безопасного предела энергопотребления.

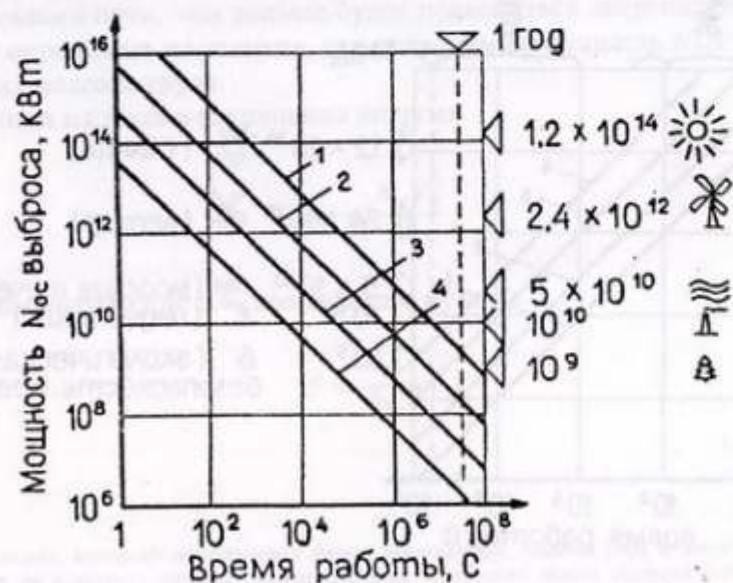


Рис. 5. Мощность выброса энергии в окружающую среду при $m_r = 100$ млн. т, $v_x = 10^4$ м/с и η , равном: 1 — 0,1; 2 — 0,5; 3 — 0,9; 4 — 0,99

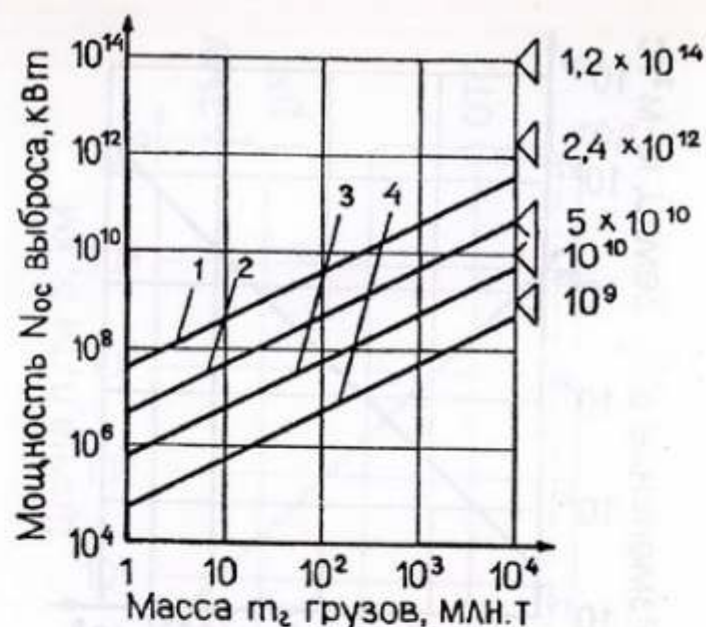


Рис. 6. Мощность выброса энергии в окружающую среду при $v_x = 10^4$ м/с, $t = 10^7$ с и η , равном: 1 — 0,1; 2 — 0,5; 3 — 0,9; 4 — 0,99

Например, для характерного времени электромагнитного ускорителя (ЭМУ, или катапульты) 1...100 с (длиной разгонного пути соответственно 5...500 км) его суммарные мощности должны быть соизмеримы с мощностью солнечного излучения, падающего на Землю даже при $m_r = 1$ млн. т. (рис. 4). При этом, мощности выброса энергии в атмосферу будут соизмеримы с суммарными мощностями атмосферных и морских течений планеты (рис. 5 и 6). Немногим лучше такие характеристики и у ракетносителя (РН). Малая длительность действия двигателей ракеты и катапульты (не только электромагнитной) — присущий им неустраняемый недостаток. В первом случае из-за того, что тяга реактивных двигателей не может быть сколь угодно малой (чтобы увеличить время работы) — она обязательно должна превышать вес ракеты, иначе ракета, даже, израсходовав все топливо, не оторвется от стартового стола*. Это определяет необходимость достаточно быстрого сжигания топлива, а также — малое время работы дви-

* С приведенных позиций характеристики РН будут ухудшаться при увеличении силы тяжести, например, при старте с поверхности Сатурна или Юпитера.

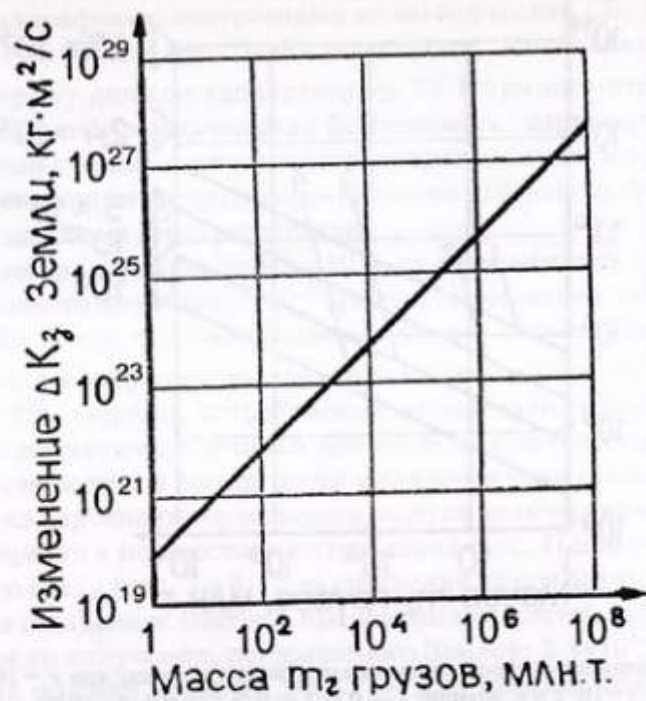


Рис. 7. Изменение момента количества движения Земли при выведении груза на орбиту (для $r = 10000$ км)

гателей, что, впрочем, не мешает ракетоносителю на активном участке полета проходить путь в сотни и даже тысячи километров (рис. 8). Во втором случае, из-за ограниченной длины катапульты либо скорость снаряда должна расти в процессе его разгона более интенсивно, чем у ракеты, либо длина электромагнитного ускорителя должна превышать путь активного полета ракетного корабля, то есть должна иметь протяженность в тысячи километров, что нереально.

Мощность транспорта — не просто число. За этим числом скрыты научные, конструкторские, технологические трудности создания и эксплуатации системы, стоимость уникальных материалов и труда, затрачиваемых на реализацию программы, наконец, стоимость овеществленного труда. Это число характеризует и мощность воздействия на окружающую среду (рис. 5 и 6), которое может иметь катастрофические последствия для биосферы планеты. Не спасут положение и многообразие использования ракеты или ЭМУ. При многообразии равной соответственно 10 или 10 тысяч раз в год (многообразие увеличивает время t) и реальном КПД таких систем, который, с учетом всех сопутствующих затрат и потерь энергии не превысит 0,1, их

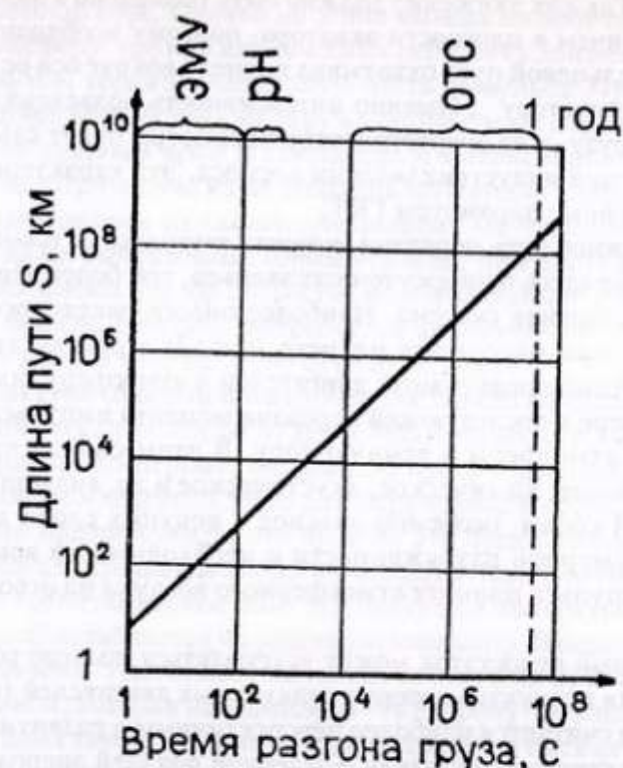


Рис. 8. Длина пути, который проходит груз в процессе его разгона ($v_z = 10^4$ м/с)

суммарная мощность, например, при $m_r = 100$ миллионов тонн, составит около $N_n = 10^{13}$ кВт. Это на три порядка превышает энергетическую мощность современной цивилизации, энергопотребление которой уже сейчас вступило в серьезные противоречия со средой обитания.

При увеличении времени работы двигателей транспортной системы потребляемая мощность снижается. Приемлемые мощности достигаются лишь при $t > 10^6$ с. Например, при $t = 3,2 \times 10^7$ с (1 год), $\eta = 0,5$ и $m_r = 100$ млн. т., мощность N_n составит $3,2 \times 10^8$ кВт, что намного меньше суммарной мощности существующих электростанций мира. Однако, из рис. 8 следует, что при $t > 10^6$ с, длина пути $S > 7,7 \times 10^6$ км, что на три порядка больше радиуса Земли и в десятки раз превышает расстояние до Луны. Чтобы обеспечить такой длинный путь разгона груза на планете, имеющей ограниченные размеры, есть только одно решение — сделать этот путь кольцевым, что и предложено реализовать в ГКТ, известном под названием "Общепланетное транспортное средство".

во" (ОТС)*. Так как движение должно быть подведено в виде момента импульса, причем в плоскости экватора, поэтому необходимо, чтобы указанный кольцевой путь охватывал планету вокруг оси ее вращения параллельно экватору**. Именно интенсивность подведения момента импульса к грузу, а не энергетические параметры будут самым узким местом грядущей индустриализации космоса. Эта характеристика определяет основные параметры ГКТ.

Чем сложнее путь передачи момента импульса от планеты к грузу, чем больше здесь промежуточных звеньев, тем более экологически опасна транспортная система. Наиболее опасен ракетоноситель, т.к. момент импульса передается планете (рис. 7) в результате выброса продуктов горения реактивных двигателей в атмосферу, их торможения в атмосфере и последующей передачи момента импульса в результате трения атмосферы о земную кору. В этом случае происходит мощное тепловое, химическое, акустическое и др. виды загрязнения окружающей среды, особенно опасное в верхних слоях атмосферы из-за ее чрезмерной разреженности и необходимости вовлечения в передачу импульса планете атмосферного воздуха на огромных пространствах.

Указанный недостаток может усугубляться по мере роста скорости истечения продуктов горения реактивных двигателей (именно это направление считается наиболее перспективным в развитии ракетной техники: реактивные двигатели с лазерной подачей энергии, ядерные реактивные двигатели и т.п.), т.к. импульс будет расти пропорционально скорости истечения, а энергия и, соответственно, ее выброс в окружающую среду — пропорционально квадрату этой скорости. Поэтому при выведении одного и того же количества грузов на орбиту перспективные ракетоносители в сравнении с обычными окажут более сильное воздействие на окружающую среду, добавив к нему не менее мощное влияние: электромагнитное, радиационное и другое.

Электромагнитный ускоритель на этапе разгона полезной нагрузки экологически безопаснее ракетоносителя, т.к. для разгона груза промежуточные звенья не нужны — импульс передается непосред-

* А. Юницкий. В космос — без ракеты. "Техника и наука", 1987, № 4, с. 40—43.

** С точки зрения теоретической механики предпочтение должно отдаваться экваториальному варианту ОТС, т.к. в этом случае его эксплуатация будет оптимальной. Однако из других соображений, таких как конкретная география регионов Земли, политическая обстановка в мире, наличие индустриальных стран в зоне расположения эстакады ОТС и т.д., предпочтительнее широтный вариант ОТС (вплоть до широты Северного или Южного полярного круга), хотя это и значительно усложнит выход ОТС на экваториальную орбиту и исключит возможность обратной посадки на эстакаду.

ственно Земной коре. Однако на этапе выхода на орбиту снаряд попадает в атмосферу, где при космических скоростях движения интенсивно тормозится, теряя значительную часть импульса. При этом происходит мощное воздействие на окружающую среду: образование разрушительных ударных волн в атмосфере и интенсивное химическое и тепловое ее загрязнение из-за сгорания материала снарядов, хотя они и будут изготовлены из самых тугоплавких материалов. Кроме того, снаряды, даже выпущенные горизонтально, при достижении расчетной высоты имеют вектор скорости, не совпадающий с касательной к круговой орбите. Поэтому потребуются значительная коррекция направления полета снаряда и, по сути дела, такой ГКТ будет гибридом пушки с ракетой со всеми присущими последней недостатками.

Экологически опасным будет и гипотетический антигравитационный корабль. Во-первых, он должен, пусть и локально, выключать гравитацию. Последствий этого для окружающей среды мы не знаем, хотя можно предположить, что вряд ли это будет полезно, т.к. будет нарушаться сложившаяся экология планеты. Здесь возможны два варианта: 1) гравитационное поле экранируется полностью; 2) гравитационное поле ослабляется на заданную величину. В первом случае, будет "выключена" гравитация не только со стороны Земли, но и той части Вселенной, которая находится по "ту сторону" экрана и имеет скорость убегания (вторую космическую скорость) в тысячи километров в секунду. Поэтому, согласно закону сохранения энергии, к экрану необходимо подвести энергию, в тысячи, а то и в миллионы раз большую, чем показанную на анализируемых графиках для $v_x = 10^4$ м/с, что недопустимо для целей индустриализации ближнего космоса. Во втором случае энергетические параметры антигравитационного корабля будут соответствовать другим видам ГКТ, в том числе и его энергетической мощности, которые будут зависеть не только от m_r , но и от времени t "выключения" гравитации (подведения энергии для того, чтобы корабль выбрался из гравитационной "потенциальной ямы").

Во-вторых, выключением гравитации можно подвести энергию, но не импульс. При падении под действием силы тяжести, обычная масса движется по силовым линиям гравитационного поля (к центру масс притягивающего тела). Антигравитационный корабль будет двигаться по тем же силовым линиям, но в противоположном направлении, со временем приобретая все больший импульс, который подведет к нему планета, отталкивающая его с помощью гравитационного (вернее, антигравитационного) поля. Поэтому без принятия специальных мер такой корабль может со временем лишь улететь в бесконечность, если к его экрану будет подведена соответствующая энергия, но не сможет выйти на околоземную круговую орбиту. Он может также за-

виснуть на высоте H , но это не будет выходом в космос, т.к. при отделении полезной нагрузки последняя упадет обратно на Землю. По сути дела, гравитолет будет разновидностью дирижабля, когда выталкивающей силой является само гравитационное поле и, подобно дирижаблю, для горизонтального перемещения должен иметь дополнительный привод. Поэтому для передачи момента импульса (для перехода на круговую орбиту) потребуются все тот же реактивный двигатель. В результате получится гибрид с ракетоносителем, в котором основная работа по выведению груза на орбиту будет выполняться с помощью реактивного двигателя со всеми свойственными ему недостатками. По мере роста окружной скорости гравитолета создаваемую им антигравитацию нужно постепенно уменьшать до нуля (при достижении орбитальной скорости искусственного спутника Земли), иначе для его удержания на орбите потребуются дополнительная и постоянно действующая сила, направленная к притягивающему центру.

Более приемлемые характеристики у космического лифта, который имеет, по сути, только один эксплуатационный недостаток: без дополнительной корректировки, например, с помощью реактивных двигателей он сможет выводить грузы только на одну круговую орбиту — геосинхронную (35800 километров). Однако конструктивные недостатки лифта будут определяющими, особенно то обстоятельство, что он является стационарным и самонесущим. Это потребует огромного количества уникальных по своим прочностным характеристикам материалов — масса лифта может достигать миллиарда тонн и в отдельных случаях превышать массу грузов, доставляемых в космос с его помощью за весь период эксплуатации. Это создаст трудности и при строительстве лифта, которое может быть осуществлено только из космоса, то есть извне по отношению к земной цивилизации, поэтому для его сооружения необходимо в течение длительного времени использовать иные, менее приемлемые варианты ГКТ.

Кроме того, момент количества движения, который передается от выводимого на орбиту груза земной коре в виде сил Кориолиса, направленных нормально оси лифта, представляющего собой гибкую связь длиной свыше 40 тысяч километров, вызовет в его конструкции крайне невыгодное напряженно-деформируемое состояние, аналогичное состоянию бельевой веревки, только длиной в десятки тысяч километров. Поэтому пропускная способность космического лифта не мо-

* Космический лифт — корабль, запущенный на геосинхронную орбиту в плоскости экватора, с которого опущен в сторону Земли до ее поверхности высокопрочный трос, а в противоположную сторону — трос, снабженный противовесом.

жет быть высокой, т.к. силы Кориолиса пропорциональны грузопотоку на орбиту.

Всех перечисленных недостатков лишено общепланетное транспортное средство (ОТС)*. Это единственное техническое решение, с использованием которого транспортная система способна выводить грузы на различные экваториальные орбиты без использования реактивных двигателей и единственное решение, где может быть использован "принцип барона Мюнхгаузена" для выхода в космос, т.к. в процессе функционирования ОТС положение центра масс не меняется в пространстве. Поэтому оно может выходить в космос, используя лишь внутренние силы системы, без какого-либо энергетического, механического, химического и др. видов взаимодействия с окружающей средой, то есть будет экологически чистым.

4. ОБЩЕПЛАНЕТНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО

Простейший грузовой вариант ОТС может быть устроен следующим образом.

Представьте себе ажурную эстакаду, расположенную, например, вдоль параллели на 55 градусе северной широты (примерная широта Москвы, Центральной части Великобритании, юга Канады), и, таким образом, кольцом охватывающую планету в плоскости, параллельной плоскости экватора. Ее длина в этом случае 23 тысячи километров. Эстакада может проходить и на других широтах. На материках эстакада крепится с помощью обычных опор (рис. 9), в океане — на понтонах, установленных ниже поверхности воды (рис. 10). По эстакаде на высоте 10...50 метров уложена путевая структура (рис. 11). Она состоит из линейного электродвигателя, установленного вдоль уложенного по всей эстакаде вакуумного канала-трубы. Внутри трубы размещен ротор, также охватывающий планету, — та самая полезная нагрузка,

* А. Юницкий. Пересадочная, космическая, кольцевая. "Изобретатель и рационализатор", 1982, № 4, с. 28—29.

** Сегодня человечество выполняет более грандиозные программы, чем строительство эстакады ОТС. Например, если все легковые автомобили, которые имеются сегодня в мире, а их почти 500 миллионов, использовать в качестве кирпичиков для строительства стены вокруг Земли по указанной широте, то высота этой сплошной стены превысит 100 метров. А, например, бетона, уложенного в плотину одной лишь Саяно-Шушенской ГЭС, а это почти 10 миллионов кубических метров, хватит для строительства всех опор эстакады ОТС.

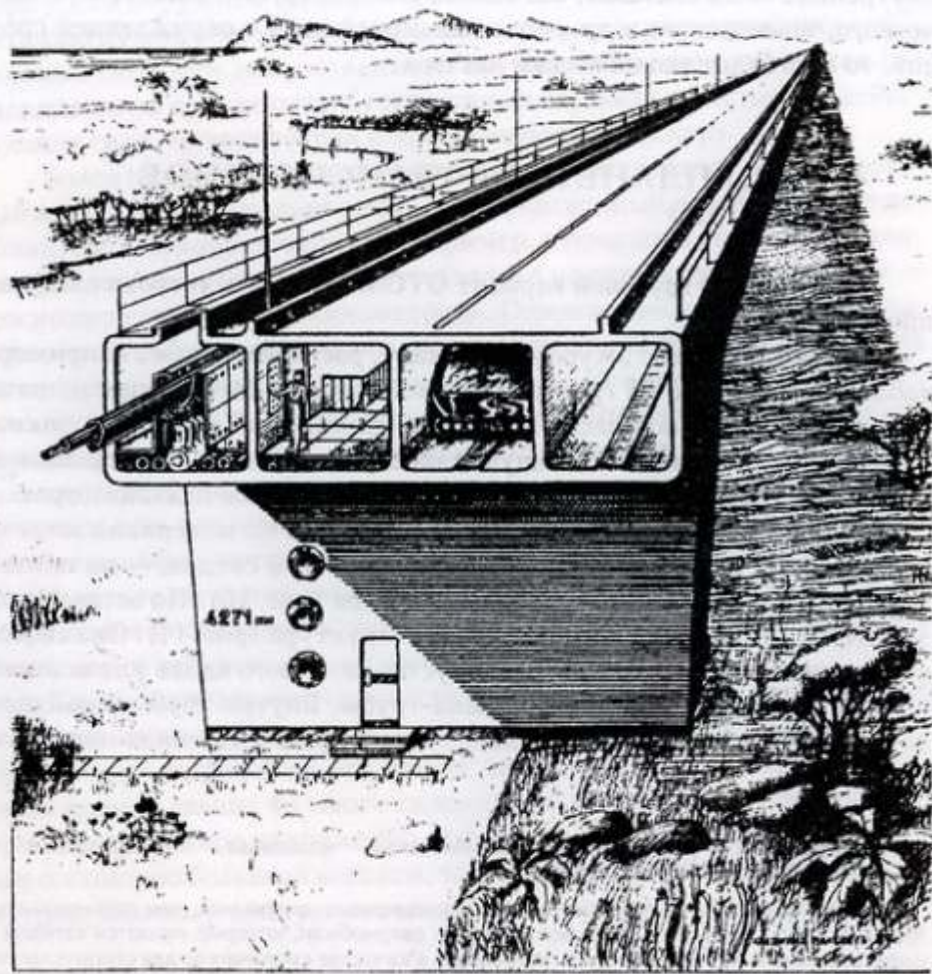


Рис. 9. Сухопутный участок грузового варианта ОТС

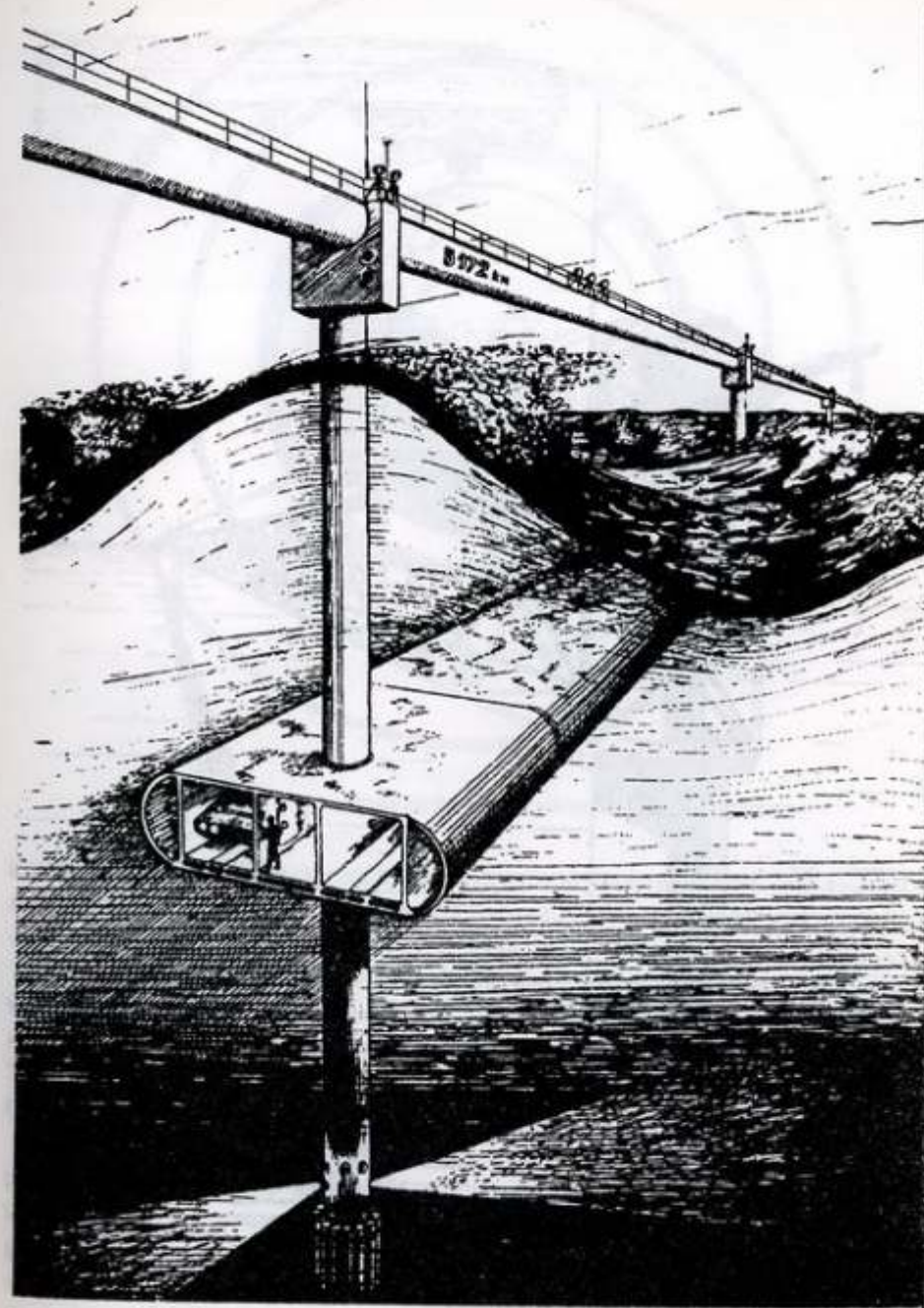


Рис. 10. Морской участок грузового варианта ОТС

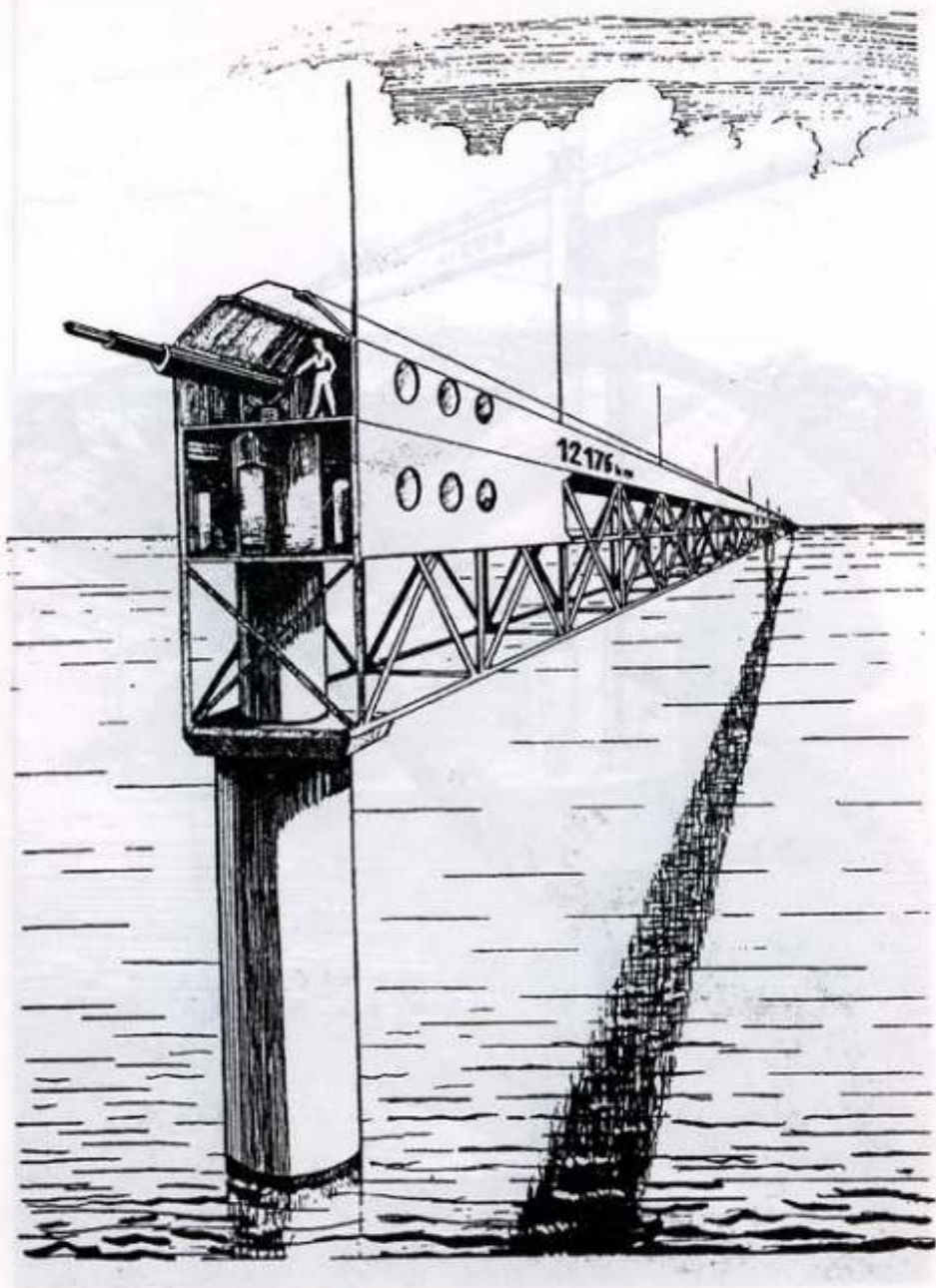


Рис. 11. Конструкция путевой структуры ОРС

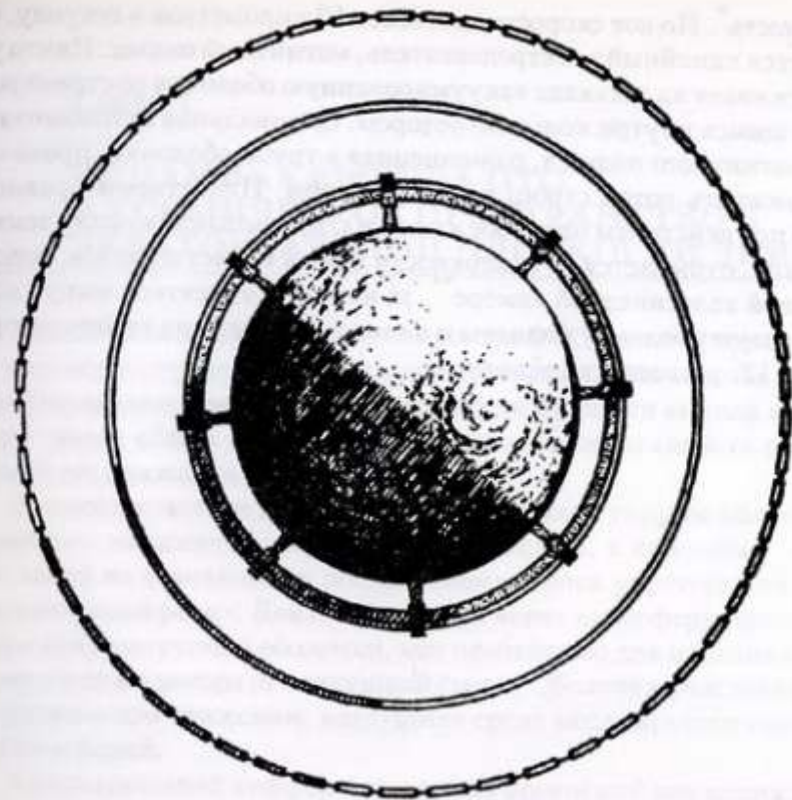


Рис. 12. Этапы выхода ротора в космическое пространство

которую предстоит вывести в безвоздушное пространство. Это — необходимое для космического строительства сырье и материалы, а также — полуфабрикаты, детали, инструмент и прочее.

Как же функционирует ОРС? Заранее изготовленные участки ротора соединяют друг с другом и последовательно заправляют в уложенный на эстакаде канал-трубу через специальные заправочные окна. Затем откачивают воздух из канала, и гигантское кольцо готово к работе.

Включается система электромагнитов, которая подвешивает и стабилизирует ротор в центре трубы. Затем ротор приводится линейным электродвигателем в движение вдоль канала, и, соответственно, вокруг Земли. Масса ротора значительна (он имеет в поперечнике размер около 10 сантиметров, а каждый его погонный метр весит 10—50 кг; общий вес ротора составляет сотни тысяч тонн; диаметр канала-трубы — 20—30 см), поэтому проходят многие дни, или даже недели, прежде, чем он достигнет первой космической скорости и за счет уравновешивания силы земного притяжения центробежной силой обретет

невесомость^{*}. Но вот скорость достигает 10 километров в секунду. Отключается линейный электродвигатель, магнитный подвес. Ничто уже не удерживает на эстакаде вакуумированную оболочку со стремительно несущимся внутри кольцом-ротором. Специальная автономная система магнитного подвеса, размещенная в трубе-оболочке, продолжает удерживать ротор строго в центре трубы. Планетарных размеров кольцо под действием центробежных сил, превышающих силу земного тяготения, отрывается от поверхности Земли и, растягиваясь, подобно резиновой велосипедной камере^{**}, за несколько десятков минут покидает газовую оболочку планеты и целиком выходит на круговую орбиту (рис. 12) в плоскости экватора.

* Сказанное справедливо только для экваториальной плоскости. У ротора широтного ОТС невесомость не наступит, т.к. сила тяжести и центробежная сила не лежат в одной плоскости.

** Вначале, до 1—2 процентов, ротор и оболочка растягиваются за счет упругости конструкционных материалов (это обеспечит подъем до высоты около 100 км), затем — специальных телескопических соединений, обеспечивающих двойное удлинение. Оболочка может выводиться в космос, либо, разделившись на части, на парашютах возвращается на Землю для повторного использования.