

## КОСМИЧЕСКИЙ ЛИФТ (Space elevator)

*«Спокойно, не спеша и не суетясь, займут пассажиры места в герметичных вагонах космического поезда... Электровоз даст последний гудок, медленно наберет скорость и помчится в переплетении ажурных нитей вертикально вверх. Вот остался позади первый слой облаков. Все растет скорость движения... Сверкают на черном бархатом небе Космоса немигающие звезды...».*

*Ю. Арцутанов. «Вкосмос—наэлектровозе», газета «Комсомолка», 31 июля 1960 года*

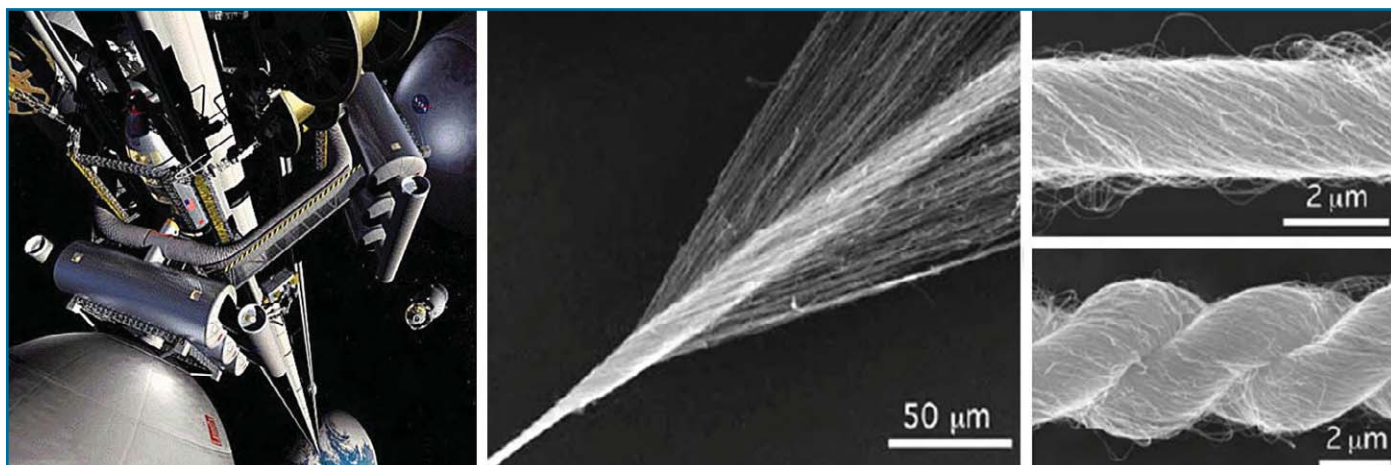


К.Э. Циолковский

Каждый из нас ежедневно пользуется лифтом для подъема на 5, 10, 20, а иногда на 50 этаж, или даже на телебашню. Как же высоко можно подняться на лифте и можно ли создать лифт, переносящий нас за пределы стратосферы в космос? Оказывается, теоретических преград для этого нет, а сама идея создания космического лифта была предложена К.Э. Циолковским еще в 1895 г., когда он впервые увидел Эйфелеву башню в Па-

риже. По замыслу Циолковского, лифт должен подниматься по тросу, соединяющему поверхность планеты с геостационарной орбитальной станцией. Согласно оценкам, такой способ подъема грузов в перспективе окажется на порядок дешевле использования ракет-носителей. В настоящий момент современная ракетная техника требует затрат в 30–40 тысяч долларов США для подъема каждого килограмма груза на орбиту, тогда как прогнозируемая оценка стоимости услуг космического лифта составляет лишь 1000 долларов США. Само же создание лифта оценивают в 10 млрд долларов США.

Но что же общего между космическим лифтом и современными нанотехнологиями? Космический лифт должен выдерживать, по крайней мере, свой вес, весьма немалый из-за длины троса, а соответственно, от материала троса требуется чрезвычайная прочность на разрыв в сочетании с малой плотностью. Утолщение троса, с одной стороны, повышает его прочность, а с другой – увеличивает его массу. Кроме того, следует учитывать, что нагрузка на различные участки троса будет различна в зависимости от высоты над уровнем Земли: в одних случаях участок троса должен выдерживать вес сегментов, находящихся ниже, в других – обеспечивать центробежную силу, удерживающую верхние части троса на орбите. С учетом гравитации Земли и центробежной силы, сечение однородного троса в зависимости от высоты описывается формулой, в соответствии с которой толщина троса экспоненциально увеличивается вплоть до



**Рис. 1.** Иллюстрация космического лифта и электронные микрофотографии жгутов углеродных нанотрубок

высоты нескольких земных радиусов, а достигнув геостационарной орбиты, снова уменьшаться, создавая эффективный противовес рабочей части лифта.

Возникает вопрос, из какого материала сделать трос? Подставив в расчетную формулу плотность и прочность, например, стали, и взяв диаметр троса у поверхности Земли в 1 см, мы получим диаметр на уровне геостационарной орбиты, равный нескольким сотням километров! Таким образом, сталь, кевлар и другие традиционные высокопрочные материалы непригодны для строительства такого лифта. Его реальная реализация возможна только при условии разработки новых высокотехнологических материалов, у которых прочность на разрыв составляет более 100 ГПа, а плотность не превышает 2000 кг/м<sup>3</sup>. Казалось бы, совершенно невыполнимые требования? Но именно таких свойств исследователи ожидают от идеальных «одностенных углеродных нанотрубок» (ОСНТ). Согласно теоретическим оценкам, их прочность может достигать прочности графитового листа (до 1 ТПа) при плотности ~1700 кг/м<sup>3</sup>. В настоящий момент уже получены одностенные нанотрубки с прочностью на разрыв ~60 ГПа. Но не стоит забывать,

что 60 ГПа – это прочность отдельной углеродной нанотрубки, длина которой составляет лишь сотни микрон. Чтобы использовать нанотрубки в качестве материала троса, необходимо сначала «свить» из них жгуты, что приведет к значительному уменьшению прочности.

Именно с появлением нанотрубок NASA был разработан проект по созданию космического лифта, а уже в 2000 году выпущен отчет, согласно которому трос из углеродных нанотрубок сможет выдержать свою массу при диаметре всего в несколько сантиметров. Быстрые темпы развития нанотехнологий привели к тому, что уже сегодня изготовление жгутов из ОСНТ не является невыполнимой задачей и может производиться в достаточных для постройки космического лифта масштабах (см. рис. 1). Работы по созданию космического лифта, включая разработку подъемника, способного самостоятельно двигаться по тросу, проводятся компанией HighLift Systems при поддержке NASA, а частная компания Liftport Inc. пытается самостоятельно достичь той же цели к 2031 году. И уже сегодня Вы можете приобрести первый билет на лифт, поднимающий Вас к самой высокой точке планеты.

#### Литература:

1. Борисов М. Космический «фуникулер» // Вокруг Света. 2007. № 1. Рубрика «Планетарий».
2. Доклад в НАСА доктора Б. Эдвардса (2003 г.) <http://www.liftport.com/files/521Edwards.pdf>