

**Некоторые задачи механики  
равномерно нагруженного  
космического лифта**

**Садов Ю.А., Нуралиева, А.Б.,  
Ставицкий А.**

**Институт прикладной математики  
им. М.В.Келдыша РАН**

# Космический лифт.

## Функциональные свойства

1. Транспортная магистраль между поверхностью Земли и ближним космосом, обеспечивающая:
  - a) уменьшение затрат энергии на доставку груза на орбиту за счет использования энергии вращения Земли;
  - b) отсутствие расхода рабочего тела;
  - c) исключение загрязнения атмосферы и засорения космического пространства;
  - d) возможность рекуперации энергии, получаемой при уменьшении потенциальной энергии груза;
2. Постоянная база для развертывания научной и производственной деятельности в космосе
3. Использование для земных нужд ресурсов ближнего космоса.

# Космический лифт.

## Механические и конструктивные свойства

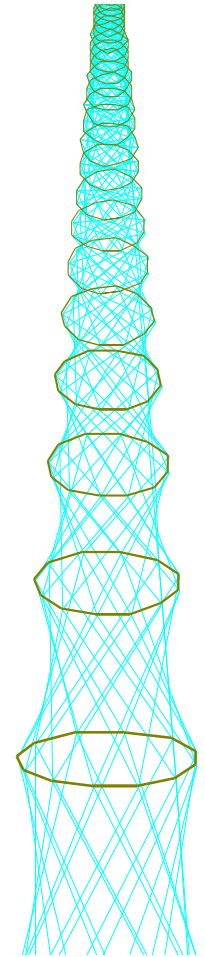
1. Сверхпрочный несущий трос переменного по длине сечения длиной  $> 60000$  км.
2. Разрывная длина материала троса  $> 1000$  км.
3. Достаточно большой грузопоток ( $> 100$  кг/сутки на орбите), желательно, двусторонний.
4. Транспортирующая система в виде опорной конструкции и транспортных вагонеток (кабин).
5. Беспроводная или локальная энергетическая система.
6. Наличие жестких каркасных элементов для организации постоянных производственных мест.

# Легкий Космический лифт (В. Edwards)

1. Тонкая лента из сверхпрочного материала, совмещающая несущую и опорную функцию.
2. Транспортная система в виде единственной кабины, ползущей по несущей ленте.
3. Передача энергии к кабине по лазерному лучу.
4. Возможность развития системы путем усиления несущей ленты.
5. Исключена возможность встречных грузопотоков.
6. Исключена возможность рекуперации энергии

# Равномерно нагруженный Космический лифт

1. Несущий трос из гиперболоидальных секций, образованных круговыми шпангоутами, связанными сверхпрочными нитями.
2. Продольная механическая структура из опорных тросов, образующих две лифтовые шахты, и силовых электрических кабелей.
3. Локальные источники энергии в виде солнечных батарей.
4. Жесткие поперечные каркасные элементы, базирующиеся на шпангоутах.
5. Устройства контроля и управления конструкцией.

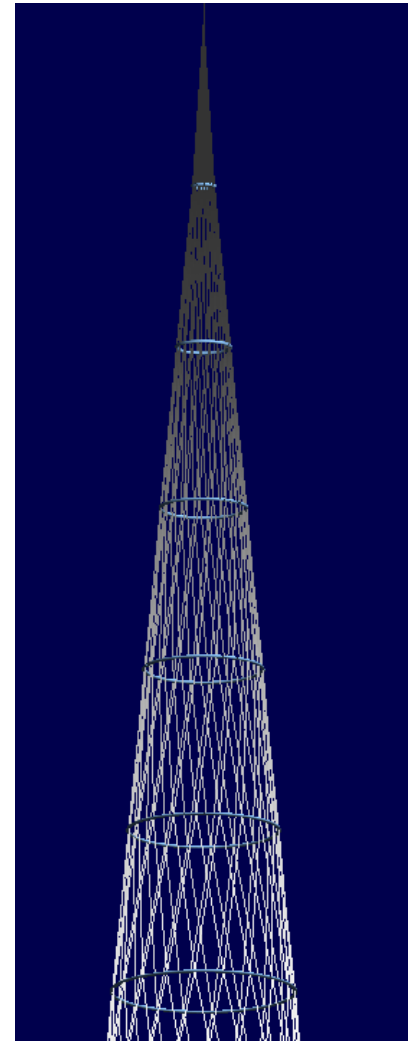


# Основные преимущества предлагаемой схемы

1. Конструктивное разделение двух главных функций КЛ, несущей и опорной, с квазиоболочечным выполнением несущей компоненты и с секционированием опорной.
2. Использование КЛ для полномасштабных транспортных операций, а также, как платформы для разнообразной научной и производственной деятельности.
3. Размещение на КЛ источников энергии в виде солнечных батарей.
4. Передача энергии по проводам между отдельными частями КЛ и между лифтом и Землей.
5. Рекуперация энергии в процессе транспортных операций.
6. Упрощение текущего контроля состояния конструкции, возможность оперативного устранения дефектов и ремонта небольших повреждений.
7. Возможность управления изгибными и крутильными движениями КЛ за счет дифференцированного управления натяжением отдельных волокон.

# Ориентировочные характеристики нагруженного лифта

- |   |           |
|---|-----------|
| 1. Линейная плотность распределенной нагрузки | 1 кг/м    |
| 2. Полная масса распределенной нагрузки       | 100 Кт    |
| 3. Полная масса лифта                         | 500 Кт    |
| 4. Масса полезной нагрузки                    | 20 Кт     |
| 5. Длина троса                                | 100 Мм    |
| 6. Диаметр троса                              | 3 м       |
| 7. Длина секции                               | 100 м     |
| 8. Средний грузопоток                         | 6 т/сутки |
| 9. Потребляемая мощность<br>(без рекуперации) | 100 МВт   |



- Реализация указанной концепции потребует многих усилий и больших затрат. Нужно будет осуществить научный поиск в ряде направлений, разработать новые технологии. Поэтому разумным путем достижения конечной цели может быть предлагаемый в статье (Avnot Mark S. The space elevator in the context of current space exploration policy. // Space policy, v. 22, iss. 2, May 2006, p. 133-139) подход последовательного продвижения к ней в рамках общей стратегии космических исследований с организацией широкого международного взаимодействия.



# Некоторые динамические свойства модели КЛ с прямым равномерно нагруженным тросом

1. КЛ рассматривается как одномерная равнонапряженная нить, несущая постоянную по длине массовую нагрузку. Тогда натяжение нити:

$$T(z) = (T_0 + ag_0L_b) \exp\left(\frac{U(z)}{g_0L_b}\right) - ag_0L_b$$

$U(z)$  - гравитационно-центробежный потенциал,  $L_b$  — разрывная длина,  $a$  — дополнительная нагрузка.

2. Колебания троса устойчивы, как в плоскости экватора, так и в по нормали к ней
3. Малые колебания троса имеют период от 3 до 7 суток и поэтому не попадают в резонанс с возмущениями от Луны и Солнца.
4. Возмущения от Луны и Солнца малы (изменение амплитуды  $\sim 10$  км). Возмущения больше для относительно короткого троса (40 Мм).
5. Влияние давления солнечного излучения мало.

Конец.

Спасибо за внимание.