

## Способ доставки грузов в космос и система его осуществления

Патент на изобретение RU2398717

PCT/RU2010/000036 Pub. No.: WO/2010/08286.

Method for delivering cargoes into space and a system for implementation of same

Изобретение, приведённое ниже в нескольких детализированных вариантах, делает доставку грузов в космос более эффективной и не дорогой за счёт использования простой техники. Аналогами этого изобретения являются космический аппарат-накопитель атмосферного воздуха PROFAC Стерджа Димитриадиса и космический аппарат-накопитель (КАН) твердых веществ Эдварда Марвика.

### Суть изобретения:

Предметом этого изобретения является система и способ подачи сырья и других простых веществ на орбитальные станции и топливные хранилища.

### Уникальные преимущества изобретения:

- a) делает возможным – используя орбитальный накопительный аппарат с двигателями малой тяги – увеличить грузоподъемность современных космических ракет в 10-20 раз;
- b) делает возможным за существенно низкую стоимость (~100 долл./кг) накапливать в космосе большие запасы сырья для обеспечения термохимических ракет топливом, космических электроракетных двигателей (ЭРД) рабочим веществом, орбитальных станций и космических кораблей материалами антирадиационной и противометеоритной защиты, спускаемых аппаратов материалами тепловой защиты, строительства больших космических конструкций из элементов формируемых непосредственно на орбите, а так же снабжения орбитальных фабрик кремнием и другим сырьем для производства солнечных батарей космических электростанций индустриального масштаба.

### Изобретение может быть реализовано в различных вариантах:

- a) КАН с эллиптической траекторией и складываемыми (свёртываемыми) солнечными батареями.
- b) КАН со спиральной траекторией и складываемыми (свёртываемыми) солнечными батареями с двигательной установкой (ДУ) на основе маломощных ЭРД либо на основе тросового электродвигателя.
- c) КАН с беспроводной (аккумуляторно-топливной) передачей энергии к ДУ от СБ.
- d) КАН с проводной (кабельной) передачи энергии к ДУ от СБ.

Указанные варианты подразделяются на версии КАН для работы с грузами, поступающими как с Земли, так и с Луны. Вместе с тем, лунные КАН могут эффективно использоваться для работы на околоземной орбите в случае использования их в паре с суборбитальными ракетами, которые разгоняют грузы для КАН до скоростей 5500-6200 м/с.

### **Фиг. 1. Земля. Система с беспроводной передачи энергии от СБ**

КАН массой 13500 кг и автономный блок СБ массой 3100 кг с грузовым отсеком массой 10400 кг для хранения жидких грузов массой до 150 тонн. Вся система выводится на орбиту двумя пусками РН «Зенит-2».

При апогейной высоте равной 500 км, скорость в перигее – 7858 м/с, с изменениями скорости на величину порядка  $\pm 15$  м/с (суммарно около 30 м/с).

Электрическая мощность пленочных солнечных батарей (СБ) – 6,22 МВт.

Электрическая мощность топливных элементов (ТЭ) – 3,73 МВт.

Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 3,73 МВт

КПД ЭРД – 0,6

КПД зарядки ТЭ – 0,6

Удельный импульс ЭРД - 31750 м/с.

Масса СБ – 3100 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ТЭ – 3700 кг (1 кг/кВт)

Масса ЭРД – 2775 кг (0,75 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 1000 кг.

Масса прочего оборудования – 6025 кг.

Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Длина трека из вещества груза – 8000 м.

Время захвата трека – 1 с.

Ускорение торможения при захвате груза –  $29,10 \text{ м/с}^2$  ( $\sim 3 \text{ g}$ ).

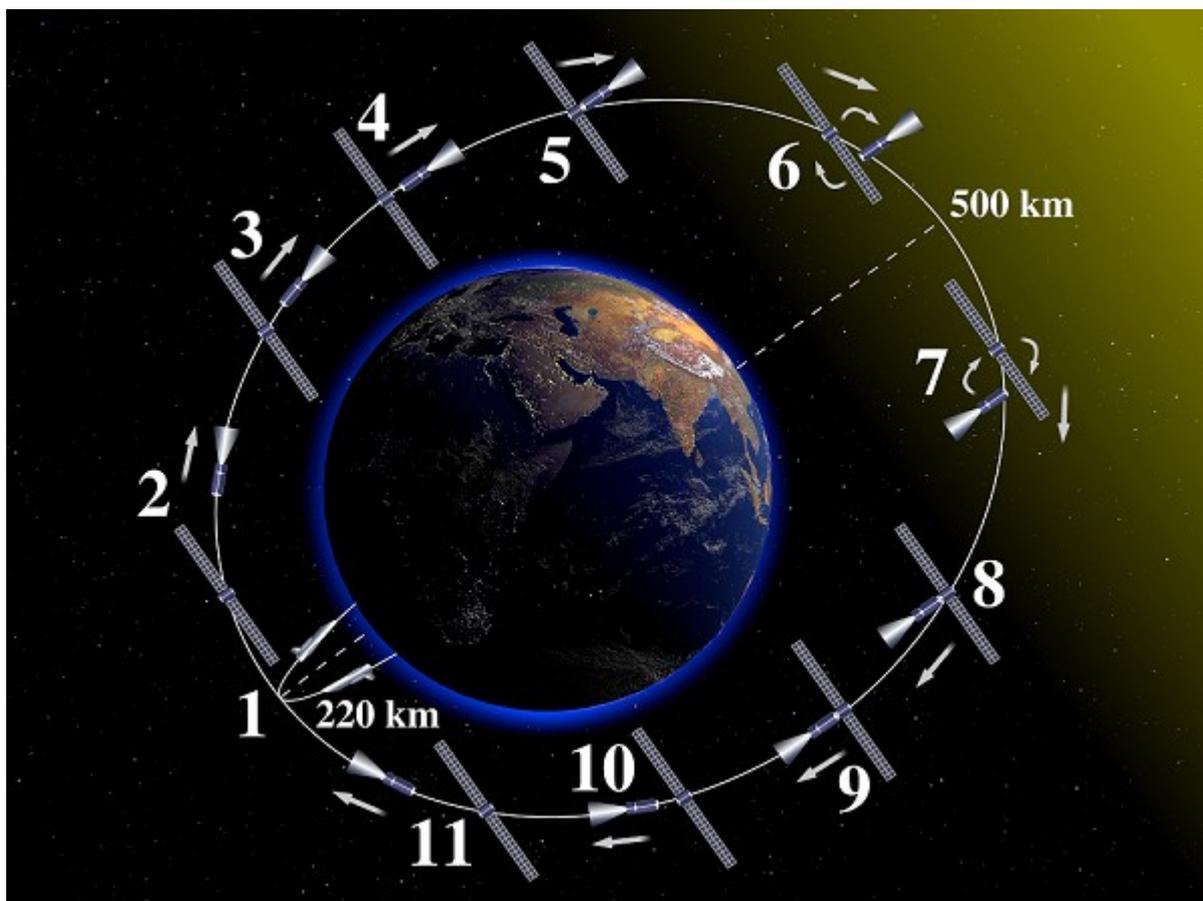
Количество операций захвата груза за 1 год – 5000.

Масса захваченного груза за 1 год – 250 тонн.

Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 62,5 тонн.

Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 187,5 тонн.

Парк многоразовых суборбитальных ракет для эксплуатации в течение 1 года – 12-25 штук (с рабочим ресурсом 200-400 запусков/ракета).



1 – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом. Столкновение КАН с треком на скорости превышающей местную перигейную приблизительно на 15 м/с. Потеря скорости порядка 30 м/с по абсолютной величине или

уменьшение скорости КАН на 15 м/с относительно местной перигейной.

**1-2, 2-3 и 3-4** – Участок разгона КАН (~22 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 15,6 м/с для компенсации потери скорости вызванной захватом вещества в точке 1. Восстановление скорости потерянной после захвата порции груза. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

**4-5** – Участок уравнивания скоростей КАН и автономного блока СБ, зона стыковки КАН с блоком СБ.

**5-6** – Участок передачи захваченной порции груза в грузовой отсек блока СБ.

**6-7** – Участок отделения (расстыковки) КАН от блока СБ, изменение его положения в пространстве.

**7-8** – Участок завершения относительных перемещений КАН и блока СБ и их стыковка.

**8-9** – Участок перемещения с КАН из ТЭ на блок СБ продуктов окисления горючего для их регенерации и передачи из блока СБ на КАН новой порции топлива (горючего и окислителя) для ТЭ.

**9-10, 10-11 и 11-1** – Участок предварительного разгона КАН (~22 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 15,6 м/с для компенсации половины будущей потери скорости после захвата вещества в точке 1. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

## **Фиг. 2. Луна. Система с беспроводной передачей энергии от СБ**

КАН массой 4250 кг и автономный блок СБ массой 117 кг с грузовым отсеком массой 1000 кг для хранения жидких грузов массой до 10 тонн.

При высоте апоселения равной 100 км, скорость в периселении – 1695 м/с, с изменениями скорости на величину порядка  $\pm 10$  м/с (суммарно около 20 м/с).

Электрическая мощность плечных солнечных батарей (СБ) – 0,222 МВт.

Электрическая мощность топливных элементов (ТЭ) – 0,133 МВт.

Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 0,133 МВт

КПД ЭРД – 0,6

КПД зарядки ТЭ – 0,6

Удельный импульс ЭРД - 6780 м/с.

Масса СБ – 117 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ТЭ – 133 кг (1 кг/кВт)

Масса ЭРД – 100 кг (0,75 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 500 кг.

Масса прочего оборудования – 3511 кг.

Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Длина трека из вещества груза – 1700 м.

Время захвата трека – 1 с.

Ускорение торможения при захвате груза –  $9,97 \text{ м/с}^2$  (~1 g).

Количество операций захвата груза за 1 год – 4000.

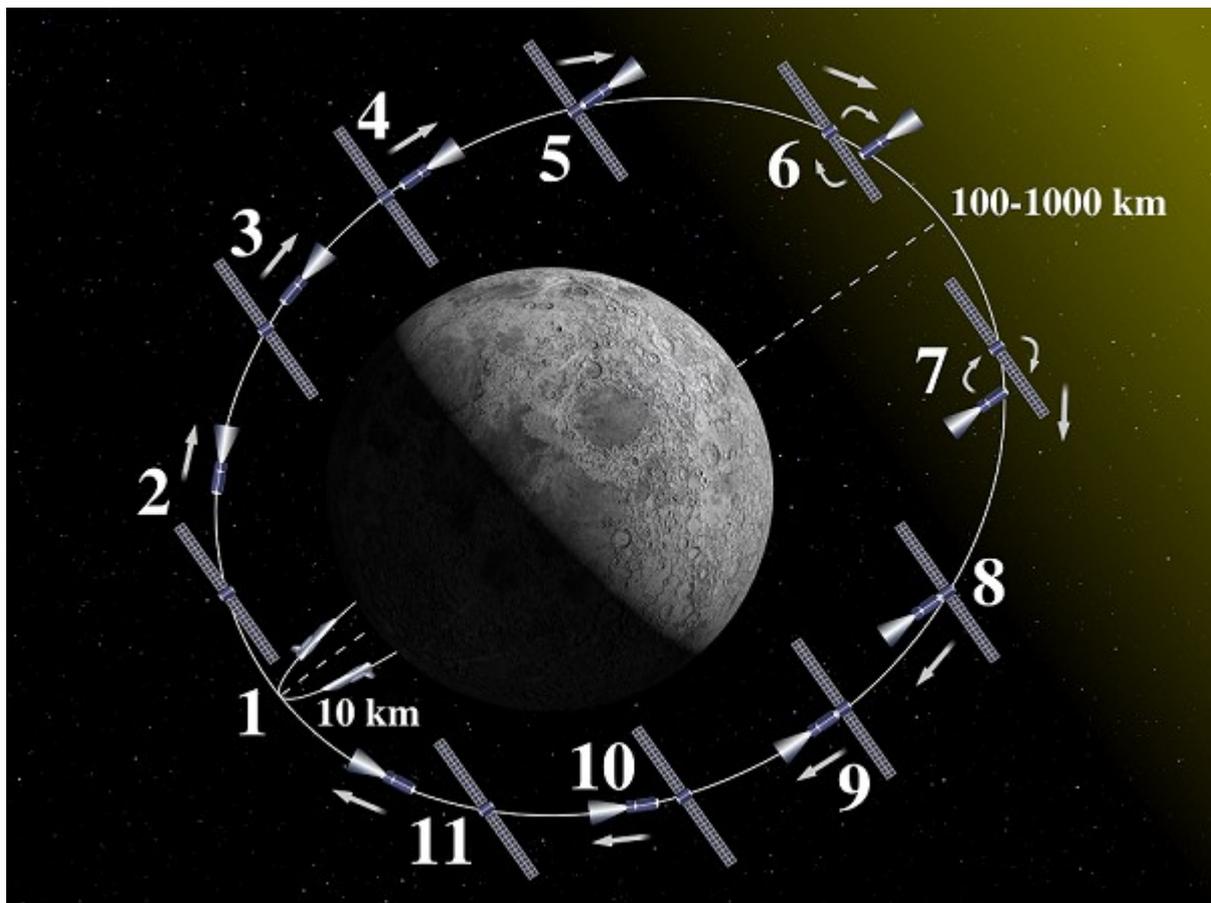
Масса захваченного груза за 1 год – 200 тонн.

Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 50 тонн.

Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 150 тонн.

При использовании ЭРД с удельным импульсом 13600 м/с с электрической мощностью 0,266 МВт, масса аккумулярованного груза за 1 год возрастает до 175 тонн при массе собственной КАН не более 4,5 тонн.

Парк многоразовых лунных суборбитальных ракет (ракетных лифтов) для эксплуатации в течение 1 года – 2-4 штуки.



**1** – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Луны суборбитальной многоразовой ракетой. Столкновение КАН с треком на скорости превышающей местную в периселении приблизительно на 10 м/с. Потеря скорости порядка 20 м/с по абсолютной величине или уменьшение скорости КАН на 10 м/с относительно местной в периселении.

**1-2, 2-3 и 3-4** – Участок разгона КАН (~30 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 9,97 м/с для компенсации потери скорости вызванной захватом вещества в точке 1. Восстановление скорости потерянной после захвата порции груза. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

**4-5** – Участок уравнивания скоростей КАН и автономного блока СБ, зона стыковки КАН с блоком СБ.

**5-6** – Участок передачи захваченной порции груза в грузовой отсек блока СБ.

**6-7** – Участок отделения (расстыковки) КАН от блока СБ, изменение его положения в пространстве.

**7-8** – Участок отделения завершения относительных перемещений КАН и блока СБ и их стыковка.

**8-9** – Участок перемещения с КАН из ТЭ на блок СБ продуктов окисления горючего для их регенерации и передачи из блока СБ на КАН новой порции топлива (горючего и окислителя) для ТЭ.

**9-10, 10-11 и 11-1** – Участок предварительного разгона КАН (~30 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 9,97 м/с для компенсации половины будущей потери скорости после захвата вещества в точке 1. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

**Фиг. 3. Земля. Система с электрокабелем**

КАН массой 13500 кг, блок СБ массой 1900 кг и блок-склад (танкер) массой 11600 кг для хранения жидких и твёрдых грузов массой до 180 тонн. Блок СБ соединен электрическим кабелем постоянной длины с блоком-складом, который в свою очередь соединен с КАН электрическим кабелем переменной длины (за счет использования катушечного механизма развёртывания и свёртывания кабеля). Соответственно топливные элементы для энергоснабжения ЭРД не используются. Вся система выводится на орбиту двумя пусками РН «Зенит-2».

При апогейной высоте равной 500 км, скорость в перигее – 7858 м/с (высота 220 км), с изменениями скорости на величину порядка  $\pm 15$  м/с (суммарно около 30 м/с).

Электрическая мощность пленочных солнечных батарей (СБ) – 3,73 МВт.

Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 3,73 МВт

Удельный импульс ЭРД - 31750 м/с.

Масса СБ – 1900 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ЭРД – 2800 кг (0,75 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 1000 кг.

Масса прочего оборудования – 9700 кг.

Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Максимальная длина электрокабеля КАН – 11000 м.

Длина трека из вещества груза – 8000 м.

Время захвата трека – 1 с.

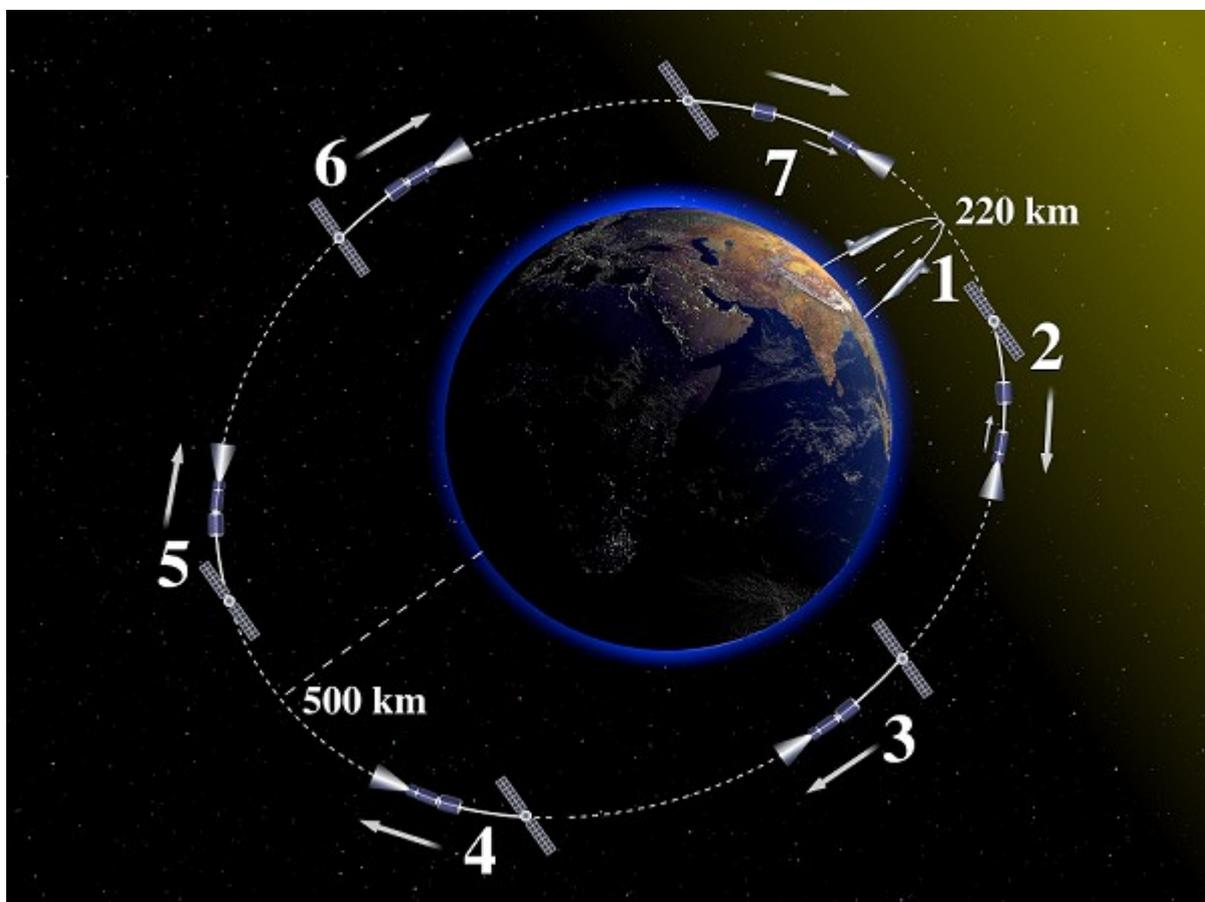
Ускорение торможения при захвате груза –  $29,10 \text{ м/с}^2$  ( $\sim 3 \text{ g}$ ).

Количество операций захвата груза за 1 год – 5000.

Масса захваченного груза за 1 год – 250 тонн.

Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 62,5 тонн.

Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 187,5 тонн.



Парк многоразовых суборбитальных ракет для эксплуатации в течение 1 года – 12-25 штук (с рабочим ресурсом 200-400 запусков/ракета).

**1** – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом. Столкновение КАН с треком на скорости превышающей местную перигейную приблизительно на 15 м/с. Потеря скорости порядка 30 м/с по абсолютной величине или уменьшение скорости КАН на 15 м/с относительно местной перигейной.

**1-2, 2-3** – Участок разгона КАН (~22 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 15,6 м/с для компенсации потери скорости вызванной захватом вещества в точке 1. Восстановление скорости потерянной после захвата порции груза, уравнивание скорости КАН со скоростью складского блока и блока СБ. Полное сматывание электрокабеля КАН. Эллиптичность траектории КАН на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

**3-4, 4-5 и 5-6** – Стыковка КАН с блоком-складом и перекачка в танкер захваченного груза.

**6-7, и 7-1** – Участок предварительного разгона КАН (~22 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 15,6 м/с для компенсации половины будущей потери скорости после захвата вещества в точке 1. Полное разматывание электрокабеля КАН. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

#### **Фиг. 4. Луна. Система с электрокабелем**

КАН массой 4250 кг, блок СБ массой 70 кг и блок-склад (танкер) массой 1000 кг для хранения жидких и твёрдых грузов массой до 10 тонн. Блок СБ соединен электрическим кабелем постоянной длины с блоком-складом, который в свою очередь соединен с КАН электрическим кабелем переменной длины (за счет использования катушечного механизма развёртывания и свёртывания кабеля). Соответственно топливные элементы для энергоснабжения ЭРД не используются.

При высоте апоселения равной 100 км, скорость в периселении – 1695 м/с (высота 10 км), с изменениями скорости на величину порядка  $\pm 10$  м/с (суммарно около 20 м/с).

Электрическая мощность плеченных солнечных батарей (СБ) – 0,133 МВт.

Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 0,133 МВт

Удельный импульс ЭРД - 6780 м/с.

Масса СБ – 70 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ЭРД – 100 кг (0,75 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 500 кг.

Масса прочего оборудования – 3511 кг.

Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Максимальная длина электрокабеля КАН – 9000 м.

Длина трека из вещества груза – 1700 м.

Время захвата трека – 1 с.

Ускорение торможения при захвате груза –  $9,97 \text{ м/с}^2$  (~1 g).

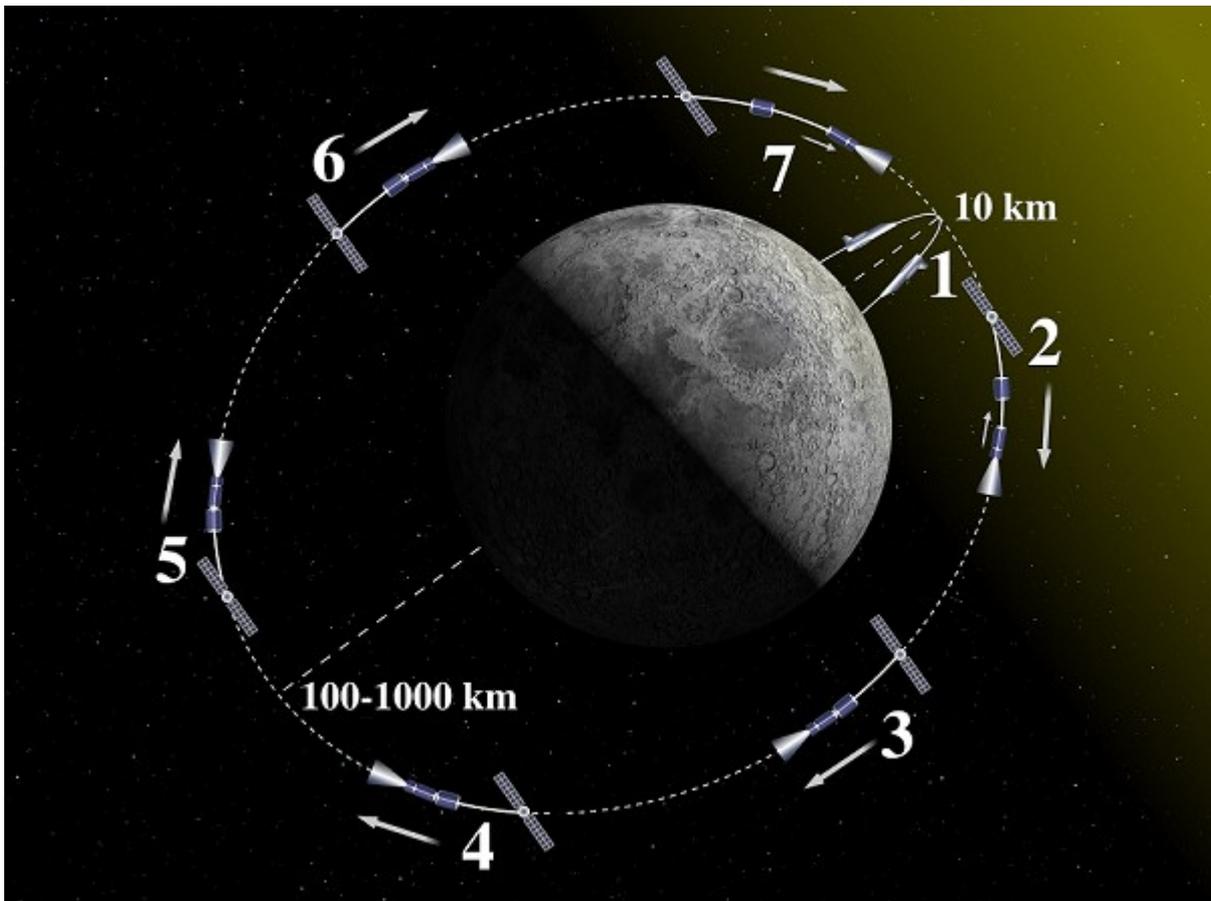
Количество операций захвата груза за 1 год – 4000.

Масса захваченного груза за 1 год – 200 тонн.

Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 50 тонн.

Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 150 тонн.

Парк многоразовых лунных суборбитальных ракет (ракетных лифтов) для эксплуатации в течение 1 года – 2-4 штуки.



1 – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Луны суборбитальной многоразовой ракетой. Столкновение КАН с треком на скорости превышающей местную в периселении приблизительно на 10 м/с. Потеря скорости порядка 20 м/с по абсолютной величине или уменьшение скорости КАН на 10 м/с относительно местной в периселении.  
 1-2, 2-3 – Участок разгона КАН (~30 минут) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 9,97 м/с для компенсации потери скорости вызванной захватом вещества в точке 1. Восстановление скорости потерянной после захвата порции груза, уравнивание скорости КАН со скоростью складского блока и блока СБ. Полное сматывание электрокабеля КАН. Эллиптичность траектории КАН на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.  
 3-4, 4-5 и 5-6 – Стыковка КАН с блоком-складом и перекачка в танкер захваченного груза.  
 6-7, и 7-1 – Участок предварительного разгона КАН (~30 минут) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) с приращением на величину 9,97 м/с для компенсации половины будущей потери скорости после захвата вещества в точке 1. Полное разматывание электрокабеля КАН. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

**Фиг. 5. Земля. Система со складными солнечными батареями**

КАН массой 20000 кг.

При апогейной высоте равной 400 км, скорость в перигее – 7937 м/с, с изменениями скорости на величину порядка  $\pm 10$  м/с (суммарно около 20 м/с).

Электрическая мощность пленочных солнечных батарей (СБ) – 6,628 МВт.

Электрическая мощность топливных элементов (ТЭ) – 3,98 МВт.

Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 3,98 МВт

КПД ЭРД – 0,6

КПД зарядки ТЭ – 0,6

Удельный импульс ЭРД - 31750 м/с.

Масса СБ – 3314 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ТЭ – 3980 кг (1 кг/кВт)

Масса ЭРД – 2980 кг (0,75 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 1000 кг.

Масса прочего оборудования – 8726 кг.

Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Длина трека из вещества груза – 8000 м.

Время захвата трека – 1 с.

Ускорение торможения при захвате груза –  $19,84 \text{ м/с}^2$  (~2 g).

Количество операций захвата груза за 1 год – 5000.

Масса захваченного груза за 1 год – 250 тонн.

Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 62,5 тонн.

Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 187,5 тонн.

Парк многоразовых суборбитальных ракет для эксплуатации в течение 1 года – 12-25 штук (с рабочим ресурсом 200-400 запусков/ракета).



**1** – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом.

**1-2** – Участок разгона КАН (~22 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) для компенсации потери скорости вызванной захватом вещества в точке 1. Восстановление скорости порядка 10 м/с потерянной после захвата порции груза. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

**2-3** – Участок развертывания пленочных солнечных батарей (СБ). Раскрытие СБ производится за счет создания центробежных сил раскруткой КАН или микротяги вспомогательных ЭРД.

**3-4** – Участок полета (~45 минут) с развернутыми плёночными СБ, восстановления защитного

слоя грузозаборника ловушки грузов, сброса накопленного тепла и перезарядки топливных элементов для компенсации энергии затраченной на разгон КАН на участке 5-1 и 1-2.

**4-5** – Участок свертывания (складывания) пленочных СБ.

**5-1** – Участок упреждающего (предварительного) разгона КАН (~22 минуты) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) для компенсации потери скорости, которая произойдет после захвата вещества в точке 1. Приращение скорости 10 м/с. Затем захват груза массой 50 кг и соответственно потеря скорости на двойную величину приращения – на 20 м/с.

Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

### Фиг. 6. Луна. Система со складными солнечными батареями

КАН массой 4250 кг.

При высоте апоселения равной 100 км, скорость в периселении – 1695 м/с, с изменениями скорости на величину порядка  $\pm 10$  м/с.

Электрическая мощность пленочных солнечных батарей (СБ) – 0,222 МВт.

Электрическая мощность топливных элементов (ТЭ) – 0,133 МВт.

Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 0,133 МВт

КПД ЭРД – 0,6

КПД зарядки ТЭ – 0,6

Удельный импульс ЭРД - 6780 м/с.

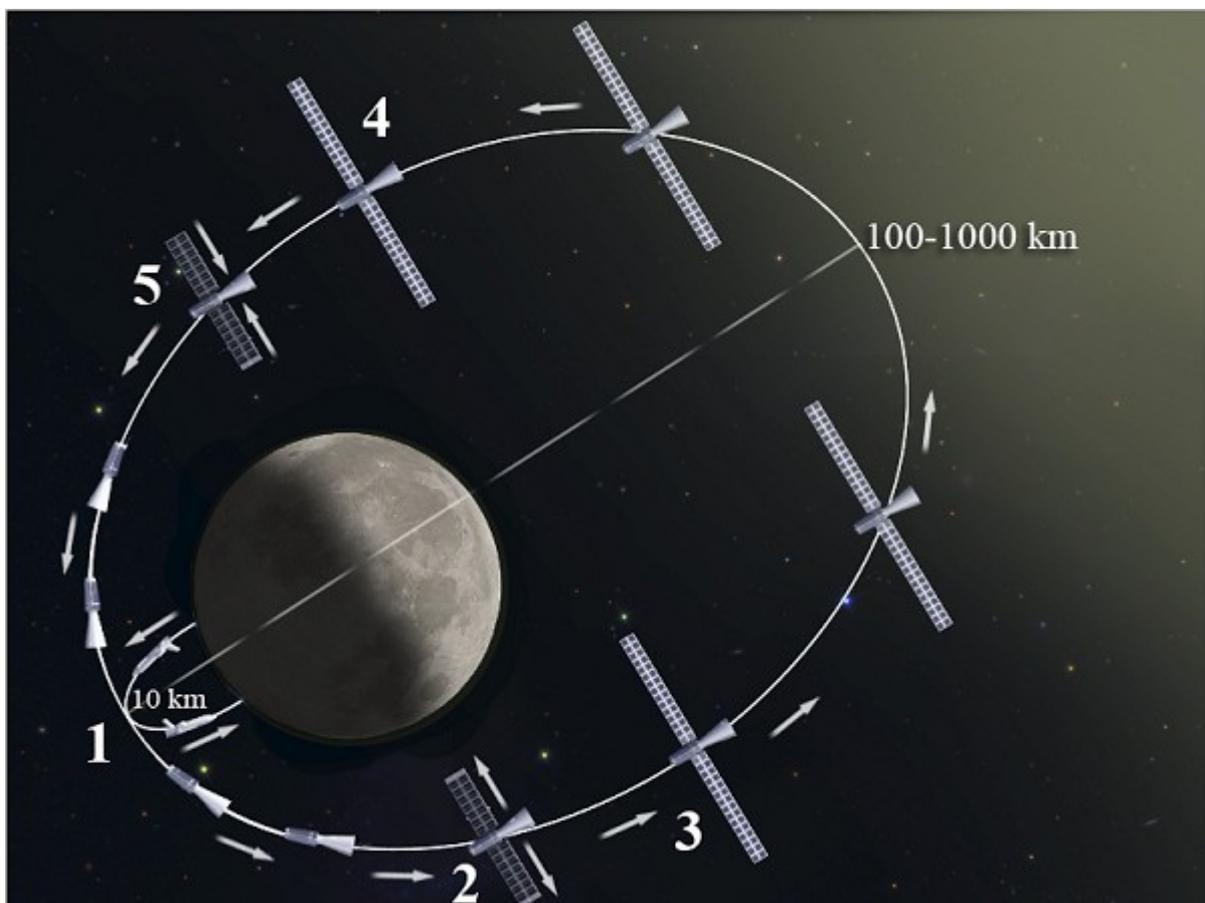
Масса СБ – 111 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ТЭ – 133 кг (1 кг/кВт)

Масса ЭРД – 100 кг (0,75 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 500 кг.

Масса прочего оборудования – 3406 кг.



Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Длина трека из вещества груза – 1700 м.

Время захвата трека – 1 с.

Ускорение торможения при захвате груза –  $9,97 \text{ м/с}^2$  ( $\sim 1 \text{ g}$ ).

Количество операций захвата груза за 1 год – 4000.

Масса захваченного груза за 1 год – 200 тонн.

Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 50 тонн.

Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 150 тонн.

При использовании ЭРД с удельным импульсом 13600 м/с с электрической мощностью 0,266 МВт, масса аккумулярованного груза за 1 год возрастает до 175 тонн при массе собственной КАН не более 4,5 тонн.

Парк многоразовых лунных суборбитальных ракет (ракетных лифтов) для эксплуатации в течение 1 года – 2-4 штуки.

**1** – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества (например, воды) поднятого с Луны суборбитальной многоразовой ракетой.

**1-2** – Участок разгона КАН ( $\sim 30$  минут) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) для компенсации потери скорости вызванной захватом вещества в точке 1. Восстановление скорости порядка 10 м/с потерянной после захвата порции груза. Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

**2-3** – Участок развертывания пленочных солнечных батарей (СБ). Раскрытие СБ производится за счет создания центробежных сил раскруткой КАН или микротяги вспомогательных ЭРД.

**3-4** – Участок полета ( $\sim 60$  минут) с развернутыми плёночными СБ, восстановления защитного слоя грузозаборника ловушки грузов, сброса накопленного тепла и перезарядки топливных элементов для компенсации энергии затраченной на разгон КАН на участке 5-1 и 1-2.

**4-5** – Участок свертывания (складывания) пленочных СБ.

**5-1** – Участок упреждающего (предварительного) разгона КАН ( $\sim 30$  минут) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) для компенсации потери скорости, которая произойдет после захвата вещества в точке 1. Приращение скорости 10 м/с. Затем захват груза массой 50 кг и соответственно потеря скорости на двойную величину приращения – на 20 м/с.

Эллиптичность траектории на участке разгона обеспечивается принудительно работой коррекционных ЭРД.

### **Фиг. 7. Земля. Система со складными солнечными батареями**

КАН массой 4460 кг.

При апогейной высоте равной 400 км, скорость в перигее – 7937 м/с.

Скорость КАН на круговой орбите – 7849 м/с.

Электрическая мощность пленочных солнечных батарей (СБ) – 1,945 МВт.

Электрическая мощность топливных элементов (ТЭ) – 1,556 МВт.

Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 1,556 МВт

КПД ЭРД – 0,75

КПД зарядки ТЭ – 0,8

Удельный импульс ЭРД - 15700 м/с.

Масса СБ – 780 кг (0,4 кг/кВт)

Масса ТЭ – 780 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ЭРД – 780 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 500 кг.

Масса прочего оборудования – 1620 кг.

Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Длина трека из вещества груза – 16000 м.

Время захвата трека – 2 с.

Ускорение торможения при захвате груза –  $44 \text{ м/с}^2$  ( $\sim 4,5 \text{ g}$ ).

Количество операций захвата груза за 1 год – 2500.

Масса захваченного груза за 1 год – 125 тонн.

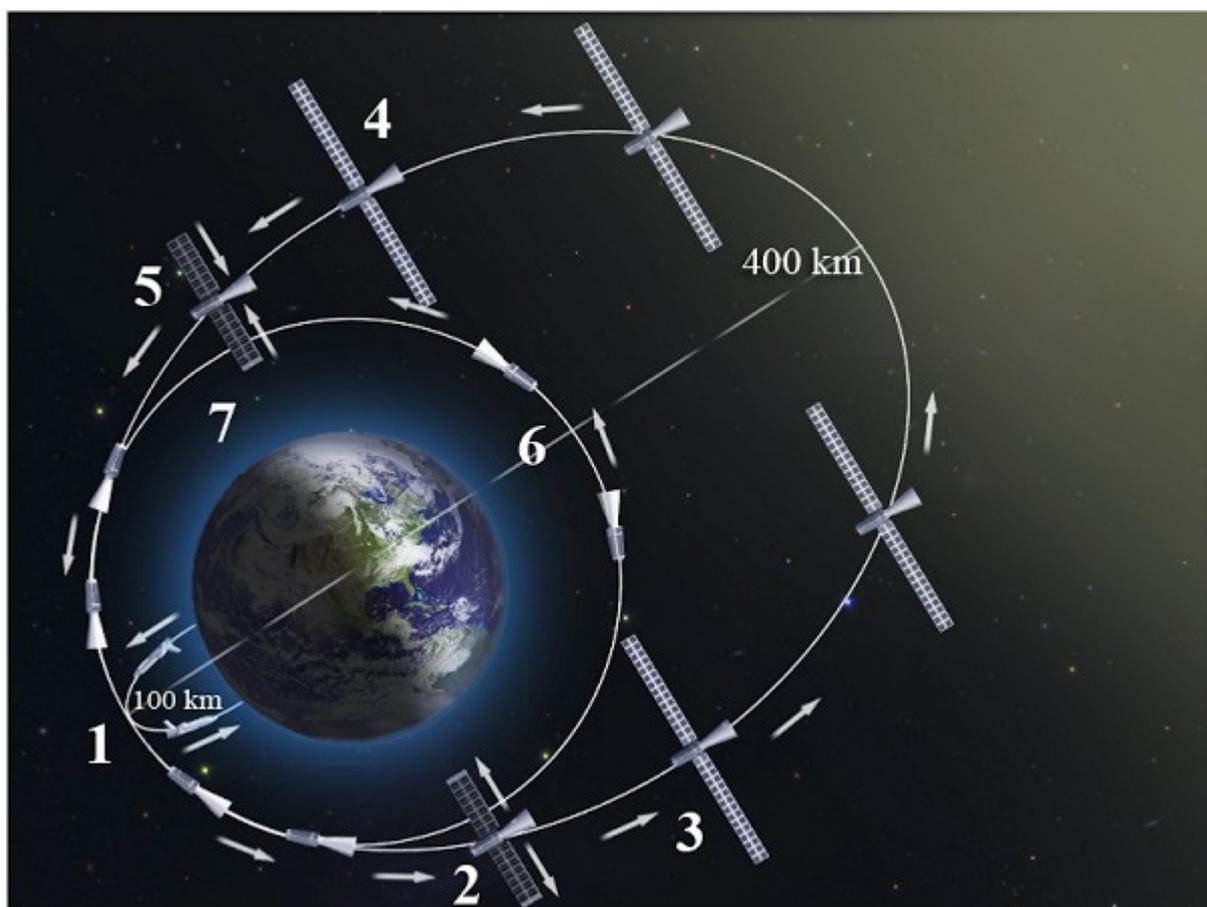
Масса захваченного воздуха за 1 год – 125 тонн.

Масса воздуха израсходованного в ЭРД за 1 год – 125 тонн.

Масса груза аккумулированного на орбите за 1 год – 125 тонн.

Парк многоразовых суборбитальных ракет для эксплуатации в течение 1 года – 6-12 штук (с рабочим ресурсом 200-400 запусков/ракета).

При использовании ЭРД и ТЭ с меньшей удельной мощностью –  $0,75 \text{ кг/кВт}$  и  $1 \text{ кг/кВт}$  соответственно, масса КАН удваивается с сохранением возможности выполнения изложенной схемы работы за счет двойных витков с половинным приращением скорости на каждом из них –  $44 \text{ м/с}$ .



**1** – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом.

**1-2** – Участок разгона КАН ( $\sim 22$  минут) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) для компенсации потери скорости вызванной захватом вещества в точке 1 (приращение скорости  $88 \text{ м/с}$ ).

**2-3** – Участок развертывания пленочных солнечных батарей (СБ).

**3-4** – Участок полета с развернутыми плёночными СБ, восстановление защитного слоя грузозаборника ловушки грузов, сброса накопленного тепла и перезарядки топливных элементов для компенсации энергии затраченной на разгон КАН на участке 5-1, 1-2 и 7-1, а также на захват воздуха на участках 1-6 и 6-1.

**4-5** – Участок свертывания (складывания) пленочных СБ.

**5-1** – Участок упреждающего (предварительного) разгона КАН ( $\sim 22$  минут) бортовыми электроракетными двигателями (ЭРД) для компенсации потери скорости которая произойдет

после захвата вещества в точке 1 (приращение скорости 88 м/с).

**1-6 и 6-1** – Круговая орбита КАН (около 100 км высотой) на которой происходит забор атмосферного воздуха при работе ЭРД потребляющих азот (или воздух) за счет энергии накопленной КАН на участке 3-4.

**7-1** – Участок упрещающего (предварительного) разгона КАН (~22 минут) бортовыми ЭРД для перехода на эллиптическую орбиту в точке 1 (приращение скорости 88 м/с).

**Фиг. 8. Земля. Система с двигателями малой тяги - ЭРД**

КАН массой 16800 кг. СБ не показаны.

Верхняя круговая орбита – 7730 м/с.

Уменьшение скорости КАН на верхней круговой орбите при захвате первой порции груза массой 50 кг – 23 м/с.

Уменьшение скорости КАН в перигее эллиптической орбиты при захвате второй порции груза массой около 50 кг – 23 м/с.

Нижняя круговая орбита – 7777 м/с.

Электрическая мощность пленочных СБ – 6,15 МВт.

Электрическая мощность ТЭ – 2,5 МВт.

Электрическая мощность ЭРД – 2,5 МВт.

КПД ЭРД – 0,6

КПД зарядки ТЭ – 0,6

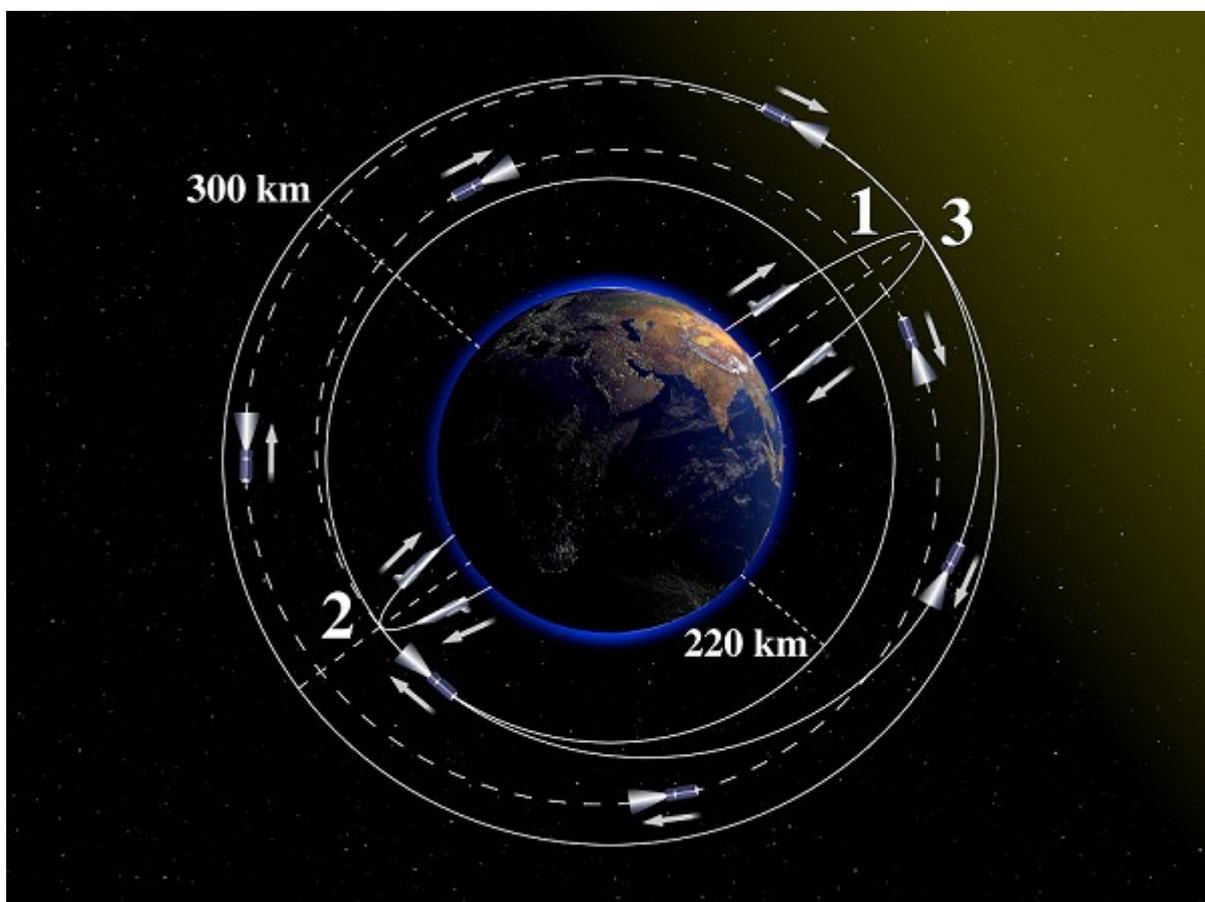
Удельный импульс ЭРД - 30920 м/с.

Масса СБ – 3100 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ТЭ – 2500 кг (1 кг/кВт)

Масса ЭРД – 1900 кг (0,75 кг/кВт)

Масса ловушки грузов – 1000 кг.



Масса прочего оборудования – 8300 кг.  
Масса захватываемой порции груза – 50 кг.  
Длина трека из вещества груза – 8000 м.  
Время захвата трека – 1 с.  
Ускорение торможения при захвате груза –  $23 \text{ м/с}^2$  (~2,3 g).  
Количество операций захвата груза в точках 1 и 2 за 1 год – 8000.  
Масса захваченного груза за 1 год – 400 тонн.  
Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 100 тонн.  
Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 300 тонн.  
Парк многоразовых суборбитальных ракет для эксплуатации в течение 1 года – 20-40 штук (с рабочим ресурсом 200-400 запусков/ракета).

**1** – Первая точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом на высоту верхней круговой орбиты КАН.

**1-2** – Участок нисходящего движения КАН (~45 минут) по эллиптической орбите после получения тормозного импульса в результате захвата порции груза в точке (участке) 1. Во время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов.

**2** – Вторая точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом на высоту нижней круговой орбиты КАН. Получение второго тормозного импульса, переводящего КАН с эллиптической орбиты на круговую.

**2-3** – Участок восходящего движения КАН (~133 минуты) по спиральной траектории с нижней круговой орбиты на верхнюю круговую орбиту под действием силы тяги ЭРД. Во время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов.

### **Фиг. 9. Земля. Система с двигателями малой тяги - ЭДТС**

КАН массой 16800 кг с электродинамической тросовой системой (ЭДТС/ EDTS). СБ не показаны.

Верхняя круговая орбита (высота 300 км) – 7730 м/с.

Уменьшение скорости КАН на верхней круговой орбите при захвате первой порции груза массой 50 кг – 23 м/с.

Уменьшение скорости КАН в перигее эллиптической орбиты при захвате второй порции груза массой около 50 кг – 23 м/с.

Нижняя круговая орбита (высота 220 км) – 7777 м/с.

Электрическая мощность пленочных СБ – 2,5 МВт.

Электрическая мощность ТЭ – 1 МВт.

Электрическая мощность ЭДТС – 1 МВт.

КПД зарядки ТЭ – 0,6

Масса СБ – 1250 кг (0,5 кг/кВт)

Масса ТЭ – 1000 кг (1 кг/кВт)

Масса ЭДТС – 5000 кг

Масса ловушки грузов – 1000 кг.

Масса прочего оборудования – 8550 кг.

Масса захватываемой порции груза – 50 кг.

Длина трека из вещества груза – 8000 м.

Время захвата трека – 1 с.

Ускорение торможения при захвате груза –  $23 \text{ м/с}^2$  (~2,3 g).

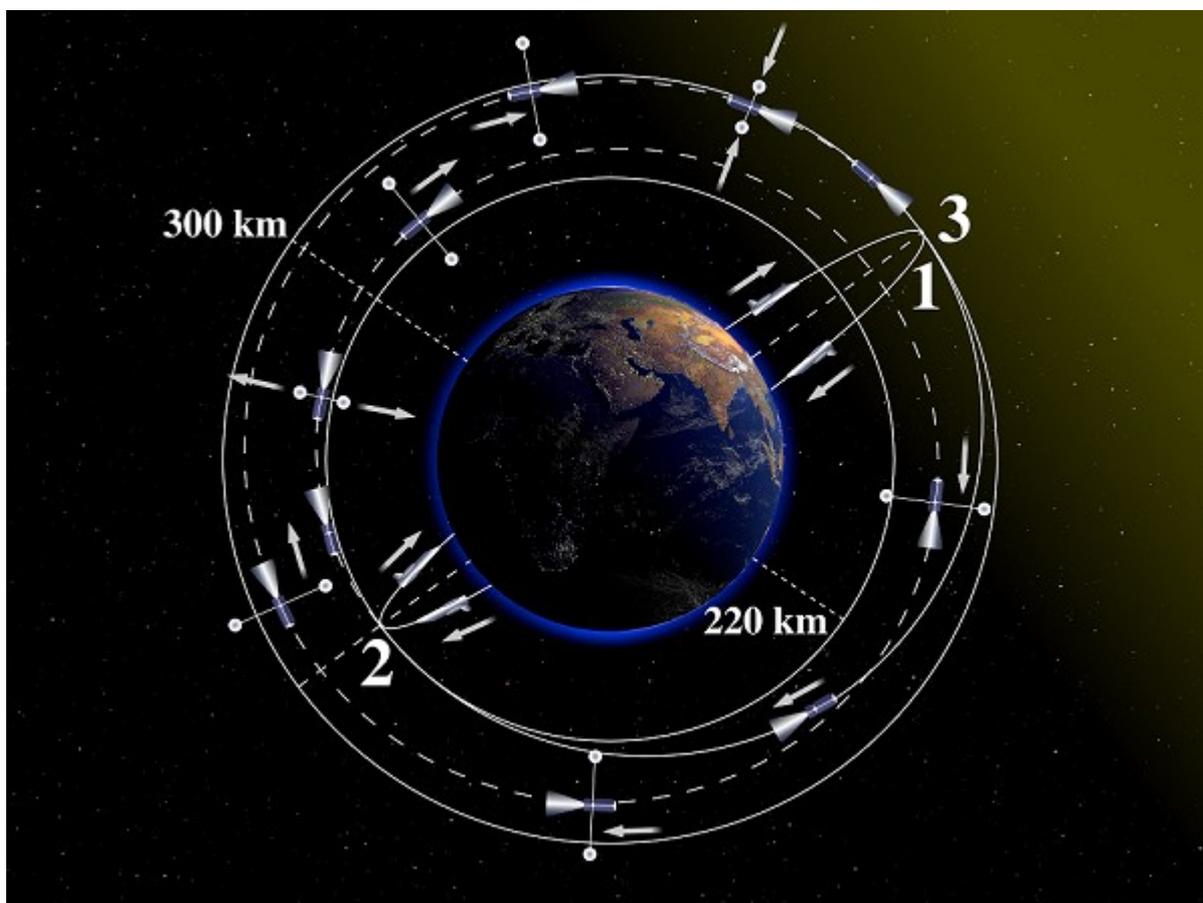
Количество операций захвата груза в точках 1 и 2 за 1 год – 8000.

Масса захваченного груза за 1 год – 400 тонн.

Масса груза израсходованного в ЭРД коррекции за 1 год – 0,1-1 тонна.

Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 400 тонн.

Парк многоразовых суборбитальных ракет для эксплуатации в течение 1 года – 20-40 штук (с рабочим ресурсом 200-400 запусков/ракета).



**1** – Первая точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом на высоту верхней круговой орбиты КАН.

**1-2** – Участок нисходящего движения КАН (~45 минут) по эллиптической орбите после получения тормозного импульса в результате захвата порции груза в точке (участке) 1. Во время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов.

**2** – Вторая точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Земли суборбитальным ракетопланом на высоту нижней круговой орбиты КАН. Получение второго тормозного импульса, переводящего КАН с эллиптической орбиты на круговую.

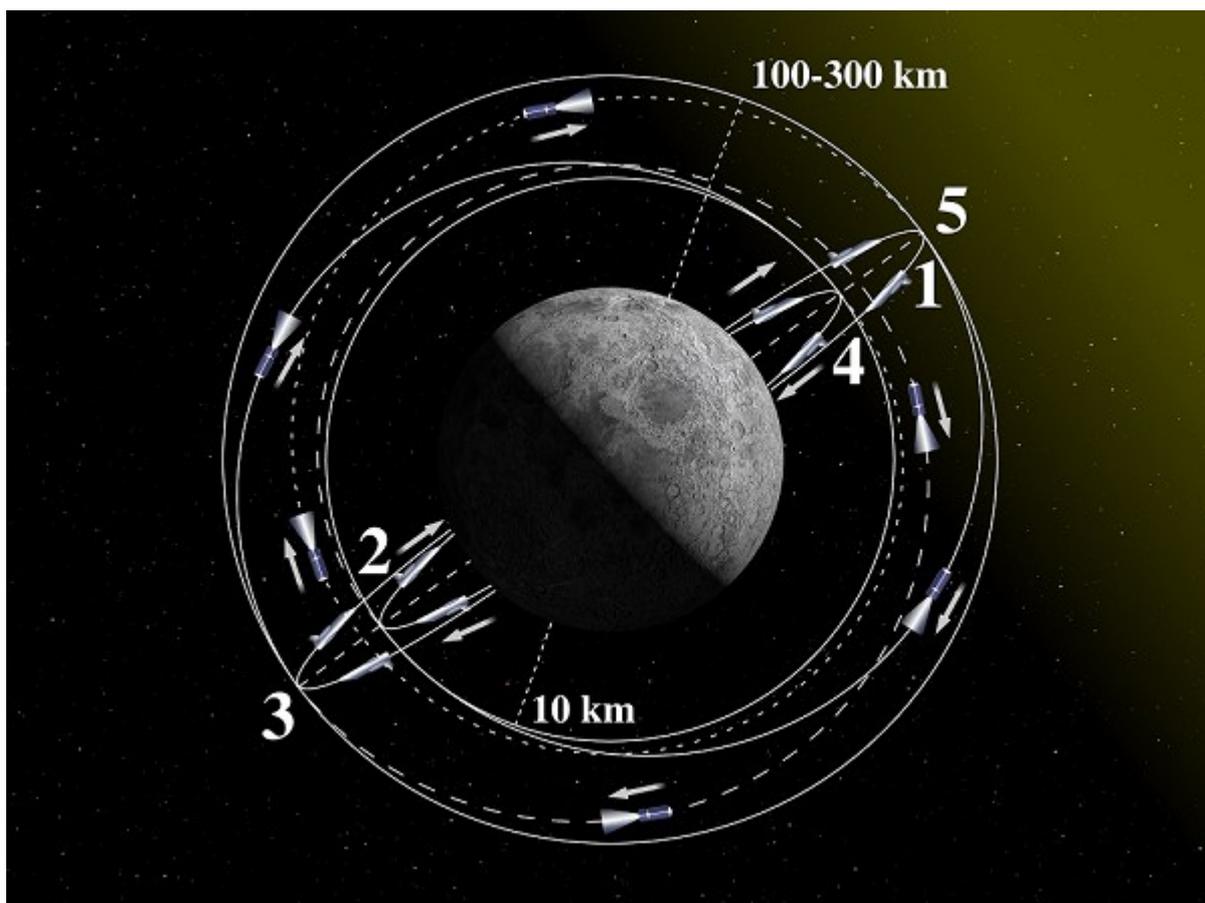
**2-3** – Участок восходящего движения КАН (~133 минуты) по спиральной траектории с нижней круговой орбиты на верхнюю круговую орбиту под действием силы тяги развернутой ЭДТС. Во время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов. При достижении точки 3 тросы ЭДТС сворачиваются.

**Фиг. 10. Луна. Система с двигателями малой тяги**

КАН массой 4250 кг. СБ не показаны. Возможно использование ядерного электрогенератора вместо СБ.

При высоте апоселения равной 100 км, скорость в периселении – 1695 м/с, с уменьшением скорости на 20 м/с, КАН переходит на низшую круговую орбиту (высота 10 км).

Добавление скорости на 21 м/с переводит КАН на верхнюю круговую орбиту (высота 100 км).  
 Электрическая мощность пленочных солнечных батарей (СБ) – 0,156 МВт.  
 Электрическая мощность топливных элементов (ТЭ) – 0,07 МВт.  
 Электрическая мощность электроракетных двигателей (ЭРД) – 0,07 МВт  
 КПД ЭРД – 0,6  
 КПД зарядки ТЭ – 0,6  
 Удельный импульс ЭРД - 6780 м/с.  
 Масса СБ – 80 кг (0,5 кг/кВт)  
 Масса ТЭ – 70 кг (1 кг/кВт)  
 Масса ЭРД – 60 кг (0,75 кг/кВт)  
 Масса ловушки грузов – 500 кг.  
 Масса прочего оборудования – 3540 кг.  
 Масса захватываемой порции груза – 50 кг.  
 Длина трека из вещества груза – 1700 м.  
 Время захвата трека – 1 с.  
 Ускорение торможения при захвате груза – 20-21 м/с<sup>2</sup> (~2 g).  
 Количество операций захвата груза за 1 год – 3000.  
 Масса захваченного груза за 1 год – 150 тонн.  
 Масса груза израсходованного в ЭРД за 1 год – 37,5 тонн.  
 Масса груза аккумулярованного на орбите за 1 год – 112,5 тонн.  
 Парк многоразовых лунных суборбитальных ракет (ракетных лифтов) для эксплуатации в течение 1 года – 2-4 штуки.



**1** – Первая точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Луны (например, воды) суборбитальной многоразовой ракетой на высоту верхней круговой орбиты КАН.  
**1-2** – Участок нисходящего движения КАН (~57 минут) по эллиптической орбите после получения тормозного импульса в результате захвата порции груза в точке (участке) 1. Во

время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов.

**2** – Вторая точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Луны суборбитальной многоразовой ракетой на высоту нижней круговой орбиты КАН. Получение второго тормозного импульса, переводящего КАН с эллиптической орбиты на круговую, в результате захвата порции груза в точке (участке) 2.

**2-3** – Участок восходящего движения КАН (~114 минуты) по спиральной траектории с нижней круговой орбиты на верхнюю круговую орбиту под действием силы тяги ЭРД. Во время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов.

**3** – Третья точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Луны суборбитальной многоразовой ракетой на высоту верхней круговой орбиты КАН. Получение третьего тормозного импульса, переводящего КАН с эллиптической орбиты на круговую, в результате захвата порции груза в точке (участке) 3.

**3-4** – Участок нисходящего движения КАН (~57 минут) по эллиптической орбите после получения тормозного импульса в результате захвата порции груза в точке (участке) 3. Во время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов.

**4** – Четвертая точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Луны суборбитальной многоразовой ракетой на высоту нижней круговой орбиты КАН. Получение четвертого тормозного импульса, переводящего КАН с эллиптической орбиты на круговую, в результате захвата порции груза в точке (участке) 4.

**4-5** – Участок восходящего движения КАН (~114 минуты) по спиральной траектории с нижней круговой орбиты на верхнюю круговую орбиту под действием силы тяги ЭРД. Во время движения по этому участку осуществляются также в автоматическом режиме различные технологические процедуры по энергоснабжению ТЭ и обслуживанию ловушки грузов.

**5** – Точка (участок) встречи КАН с треком вещества поднятого с Луны суборбитальной многоразовой ракетой на высоту верхней круговой орбиты КАН. Совпадает с точкой 1. Получение тормозного импульса, переводящего КАН с эллиптической орбиты на круговую в результате захвата порции груза в точке (участке) 5. Завершение цикла.

### Примечания

Для расчета орбит применялись следующие физические и космодинамические характеристики Земли и Луны:

Средний радиус Земли – 6370 км

Гравитационный параметр Земли –  $3,9860 \cdot 10^5 \text{ км}^3/\text{с}^2$

Средний радиус Луны – 1738 км

Гравитационный параметр Луны –  $4,903 \cdot 10^3 \text{ км}^3/\text{с}^2$