

А.К.Платонов

Робототехника лунной базы

Проблемы и оценки

(в память о Д.Е.Охоцимском)



Б.Е.Черток :

- Я убежден: Луна является необходимой ступенью в развитии космонавтики. Но на Луне надо строить постоянную базу - ознакомительные визиты по следам США толку уже не принесут.

• Еще президент Академии наук Мстислав Келдыш после "Аполлона" сказал:

**"Теперь нам только посадка неинтересна.
Надо строить на Луне базу".**

• И мы проектировали такую базу. В КБ Владимира Бармина был построен большой лунный макет, который называли "Барминград".

Но настали другие времена, пришли другие интересы.

"Известия" 05.03.2007

Из слов Стэнли Гарднера, командующего ВВС США:

**“ Через два или три десятилетия Луна
по своему экономическому,
техническому и военному значению
будет иметь в наших глазах
не меньше ценности, чем те или
иные ключевые районы на Земле,
ради обладания которыми
происходили основные военные
столкновения ”.**

Цели создания лунных баз:

- ***1. Научные цели:***
 - ***Изучение Луны***
 - ***Изучение неба***
 - ***Мониторинг Земли***

Цели создания лунных баз?

- Научные цели:

- Изучение Луны
- Изучение неба
- Мониторинг Земли

- 2. Военные цели:

- Разведка объектов на Земле
- Поражение объектов
- Борьба за место на Луне

Цели создания лунных баз:

- Научные цели
 - Изучение Луны
 - Изучение неба
 - Мониторинг Земли
- Военные цели
 - Разведка
 - Поражение объектов на Земле
 - Борьба за Луну
- **3. Лунный космодром**
 - Лунные перелёты
 - Суточные орбиты
 - Дальний космос

Лунный космодром:

- Для выведения с Земли на стационарные орбиты и к планетам Солнечной системы полезного груза суммарной массы в **1** миллион тонн

потребуется израсходовать порядка **300** млн. т. топлива и **2,5** млн. т. конструкционных материалов. При этом в земную атмосферу поступит около **40** млн. т. химических соединений.

- В случае таких запусков с Луны расход топлива и конструкционных материалов составит соответственно примерно лишь **90** млн. т. и **0,25** млн. т (!)

В.В.Шевченко и др.

• Космодром, как на Земле ?

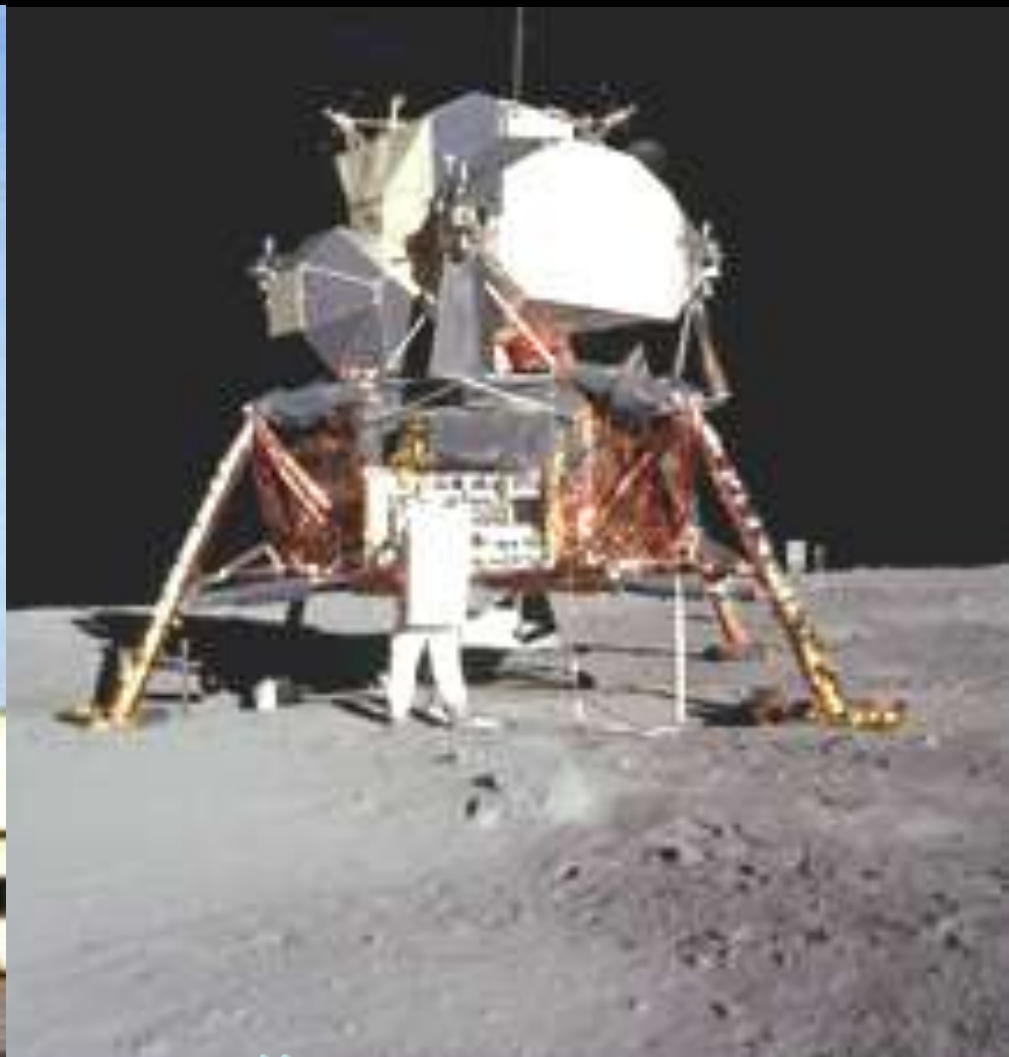


**Будет ли космодром лунной
базы
иметь похожий вид?**

Фото из <http> -.Гудилин

Лунный космодром

Облик лунных ракет уже устоялся



Интернет-материалы nasa.gov

Плоский старт лунного космодрома



Лунный космодром требует ограды



<http://roboting.ru/industry-robots/596-roboty-astrobotic-dlja-luny.html>

Цели создания лунных баз:

Научные цели

Изучение Луны
Изучение неба
Мониторинг Земли

Военные цели

Разведка
Поражение объектов
Борьба за Луну

Лунный космодром

Лунные перелёты
Суточные орбиты
Дальний космос

- **4. Добыча полезного**
 - Гелий 3
 - Лунное топливо
 - O_2 , H_2O , Fe, Al, ... ?

Гелий-3 !!!

- На Земле запасы гелия-3 - около 500 кг.
- На Луне оценки и анализ образцов лунного грунта показывают, что **в первых пяти метрах лунного грунта** накопилось около миллиона тонн гелия-3.
- Добыча гелия-3 в таком количестве и освоение реакции слияния его и ядер дейтерия решает проблему обеспечения электроэнергией всего человечества на протяжении **5 тысячи лет.**
- **Академик Э. Галимов:**
«Стоимость доступа к лунным запасам гелия-3 в десятки раз меньше стоимости атомной энергетики»
- **В этом одна из причин развернувшейся “борьбы за Луну”**

Титан, железо, алюминий...

!!!

- Карьер лунного базальта размером **100х100 м** и глубиной **10 м** может дать **9 тыс. т. титана** для изготовления несущих конструкций.
- Для производства электроарматуры в карьере есть от **15 до 30 тыс. т. алюминия** и от **5 до 25 тыс. т. железа**.
- К этим материалам добавятся **магний, кальций, хром** и другие химические элементы.

Надо добывать ильменит на Луне



Надо разлагать ильменит на Луне

С этой целью Центр им.
М.В.Келдыша разработал
проект «Лунокопа», машины
всасывающей в себя в
процессе движения лунную
пыль, и затем разогревающую
её до температуры выделения
кислорода и других химических
элементов.

Цели создания лунных баз:

Научные цели

Изучение Луны
Изучение неба
Мониторинг Земли

Военные цели

Разведка
Поражение объектов
Борьба за Луну

Перевалочная база

Лунные перелёты
Суточные орбиты
Дальний космос

Добыча полезного

Гелий 3
Лунное топливо
O₂, H₂O, Fe, Al, ...

• 5. Развитие Лунной промышленности

– Многие продукты функционирования лунной базы лучше производить на Луне, вместо того, чтобы возить их туда с Земли

Заводы на Луне!

- Проблема заключается в переносе на Луну определенных видов производств с целью **разгрузить земную экономику и уменьшить отрицательное воздействие человека на окружающую среду.**
- К таким производствам относятся, в частности, **заводы для производства лунного топлива и элементов строительства лунных сооружений**

Кислород !!!

- Из упомянутого объема лунного реголита выходит от **80 до 90 тыс. т. кислорода**. Выход кислорода составляет до **10%** от исходной массы реголита
- **Технология получения кислорода из лунных базальтов заключается в нагревании ильменита до 700—1000° при давлении 1..10 атм.**
 - **При выделении кислорода побочным продуктом восстановления ильменита становится железо.**
 - **Если же в качестве восстановителя использовать водород, то в результате реакции получится вода.**

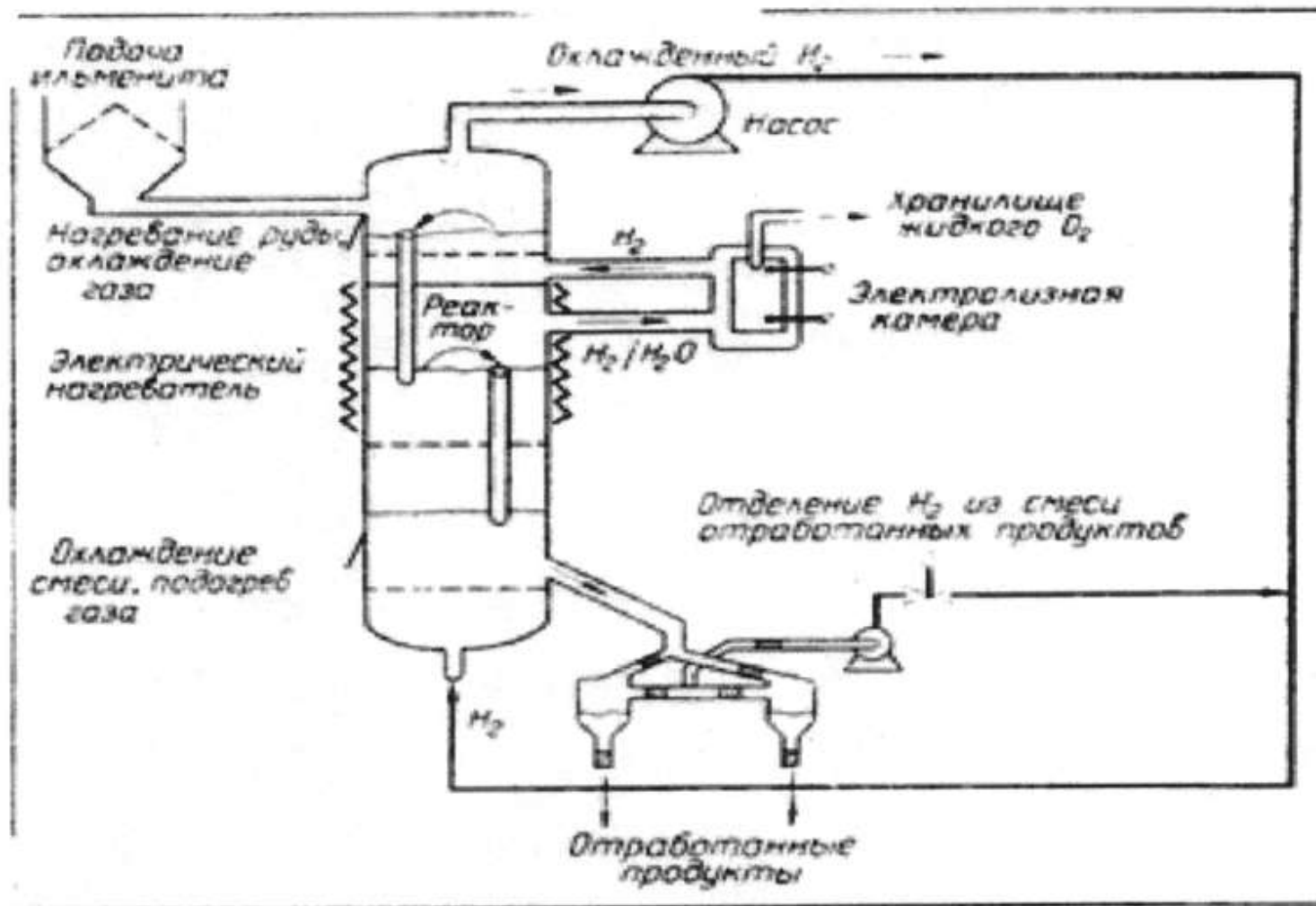


Схема промышленной лунной установки для непрерывного производства кислорода обработкой ильменита в присутствии водорода.

Водород ?

- Расчёты НИЦ им. М.В.Келдыша показывают, что создание автоматической установки для производства **водорода** из лунного грунта требует (в основном – тепловую) мощность порядка **100 кВт**.
- Такую тепловую мощность можно получить, используя **солнечные концентраторы**. В России имеется опыт создания солнечного концентратора диаметром около **10 м**.

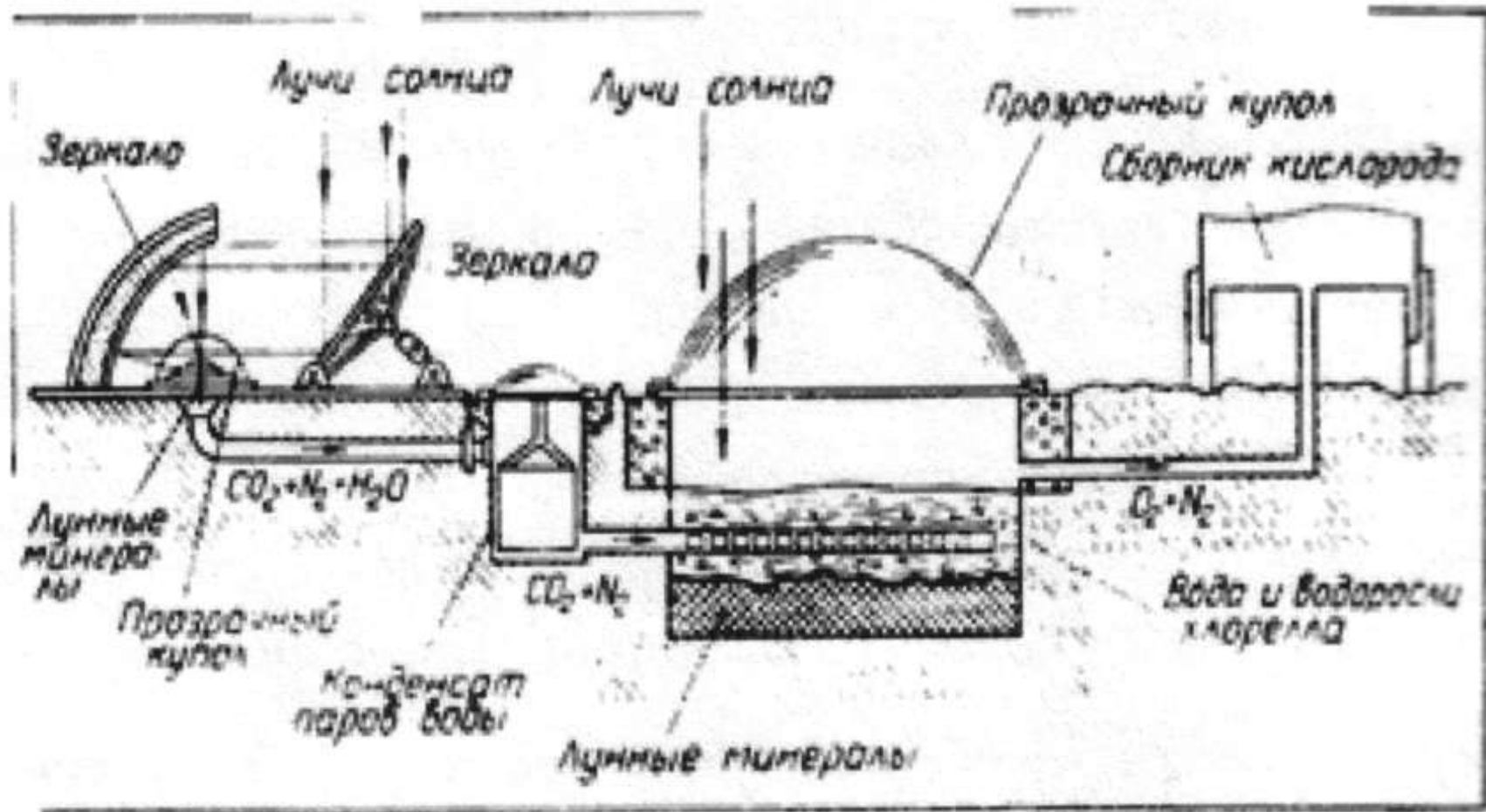


Схема комплексной установки для получения воды и других элементов из лунного грунта термическим путем. Опыты показали, что выход кислорода составляет до 10% от исходной массы обрабатываемого вещества.

В.В.Шевченко и др.

Цели создания лунных баз:

Научные цели

Изучение Луны
Изучение неба
Мониторинг Земли

Военные цели

Разведка
Поражение объектов
Борьба за Луну

Перевалочная база

Лунные перелёты
Суточные орбиты
Дальний космос

Добыча полезного

Гелий 3
Лунное топливо
O₂, H₂O, Fe, Al, ...

?

Разгрузка производств Земли

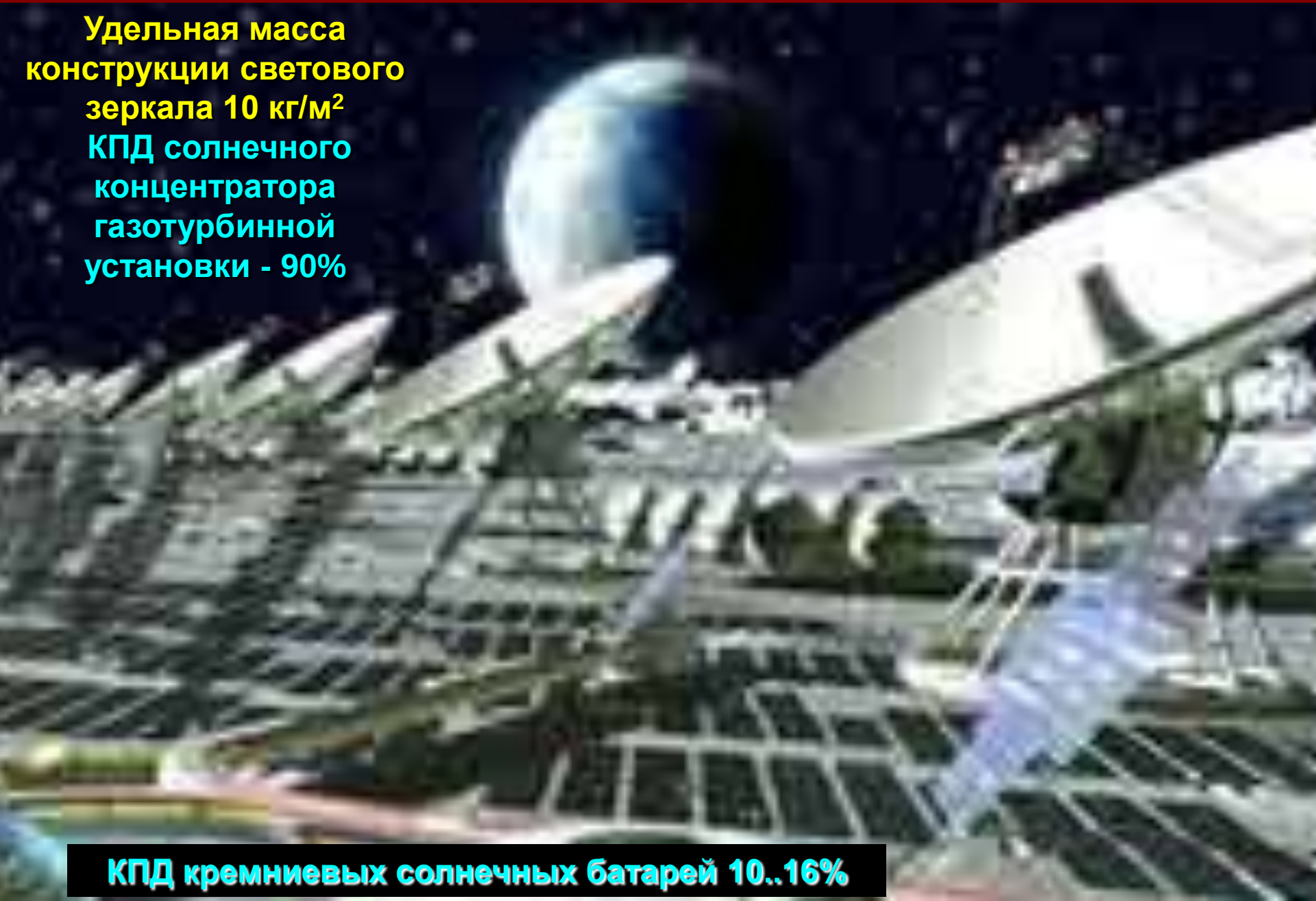
Вредные производства
лучше выполнять на
Луне

- **6 Добыча**
электроэнергии

Построить лунные электростанции!

Удельная масса
конструкции светового
зеркала 10 кг/м²
КПД солнечного
концентратора
газотурбинной
установки - 90%

КПД кремниевых солнечных батарей 10..16%

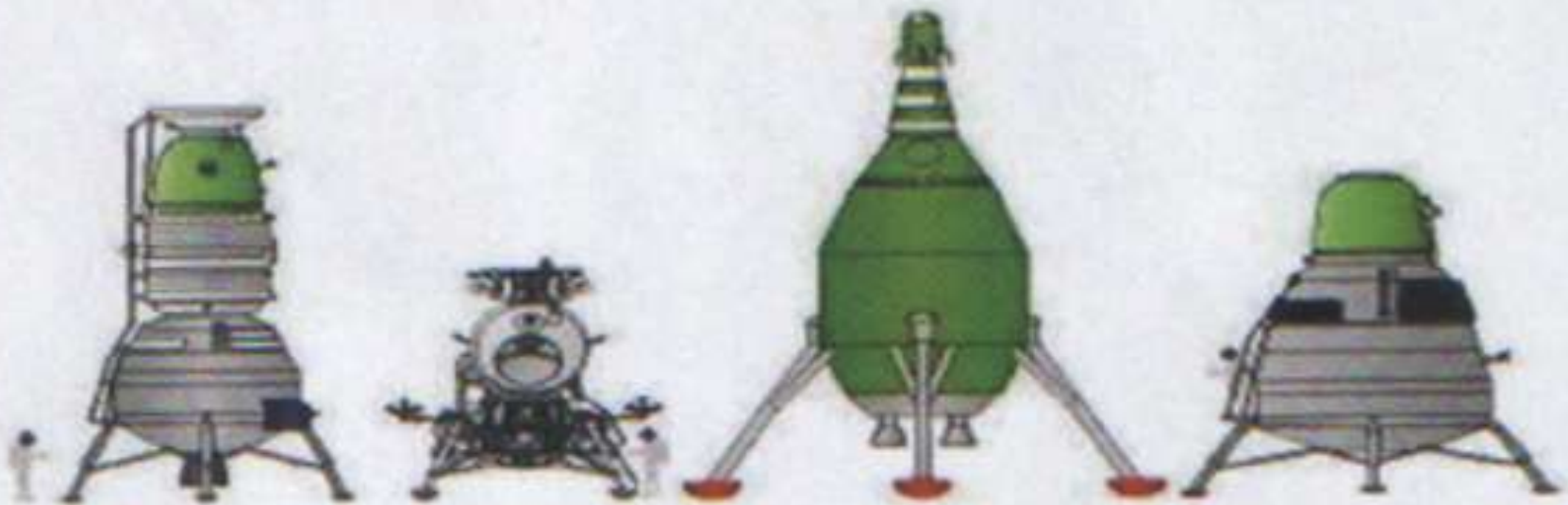


Солнечное электричество на Луне

- Солнечная энергия на **Луне** – **1360 Вт/м²**.
Солнечная энергия на **Земле** – **< 1000 Вт/м²**.
- При **10% КПД** кремневых солнечных батарей (**136 Вт/м²**) электростанция площадью **12 км²** с её суммарной мощностью **1600 МВт** в **3 раза превысят мощность Днепрогэса**.
 - Лунный карьер объёмом **100х100х10 м³** обеспечит получение **40 тыс. т. кремния**, нужного для производства ячеек кремневых солнечных батарей общей площадью **12 км²**.
 - *Наиболее удобно было бы изготовить батареи в виде бобин стальной ленты толщиной **20 мкм+1мкм аморфного Si (0,4 кг/м²)***
- Уже освоено производство плёночных кремниевых СБ на стальной подложке толщиной **50 мкм (0,4 кг/м²)** при К.П.Д. до **10%**.

Проекты баз на Луне

Проекты СССР



ЛЗ 1963

ЛК 1964

ЛК-700 1966

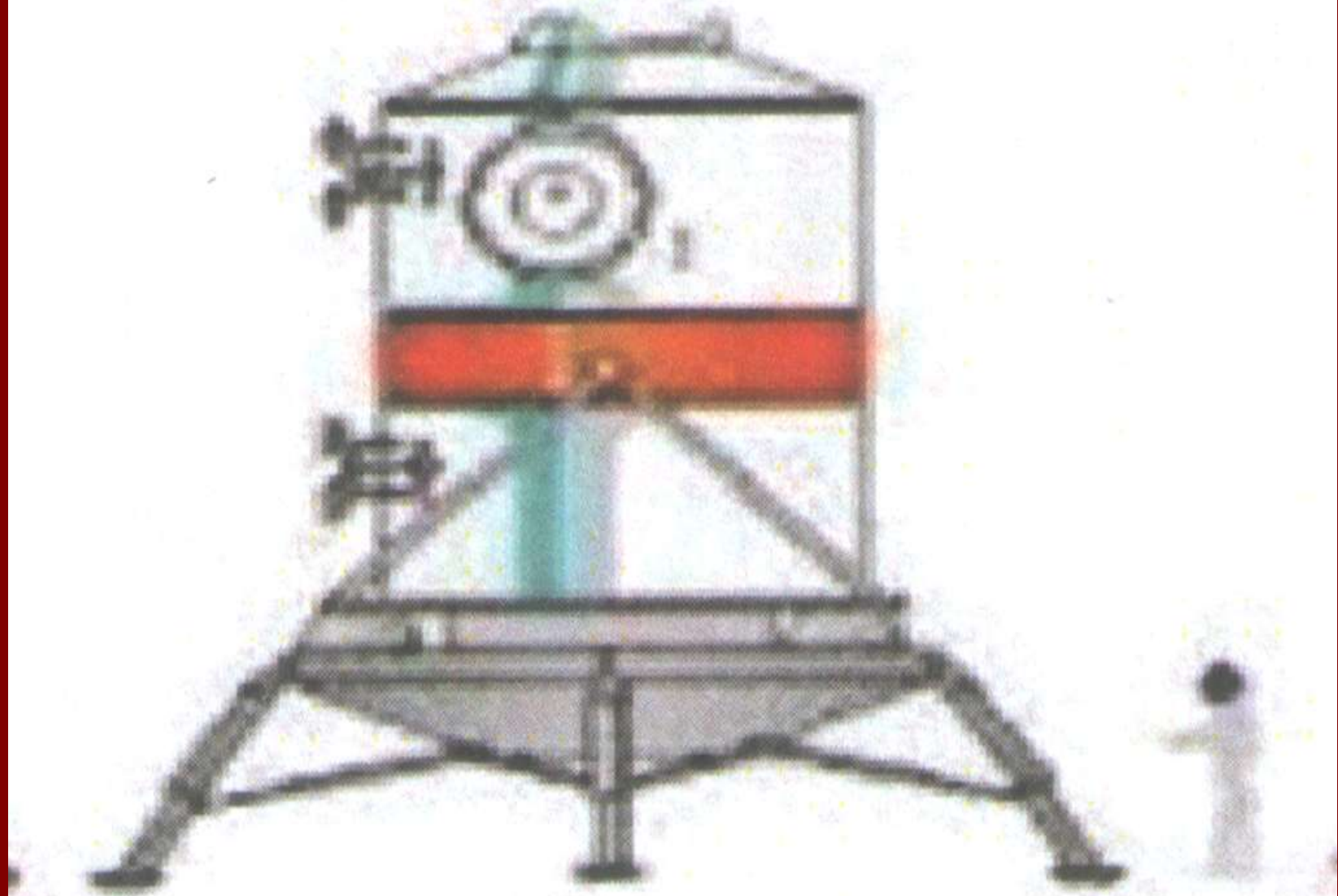
ЛЗМ 1970



ЛЗМ 1972

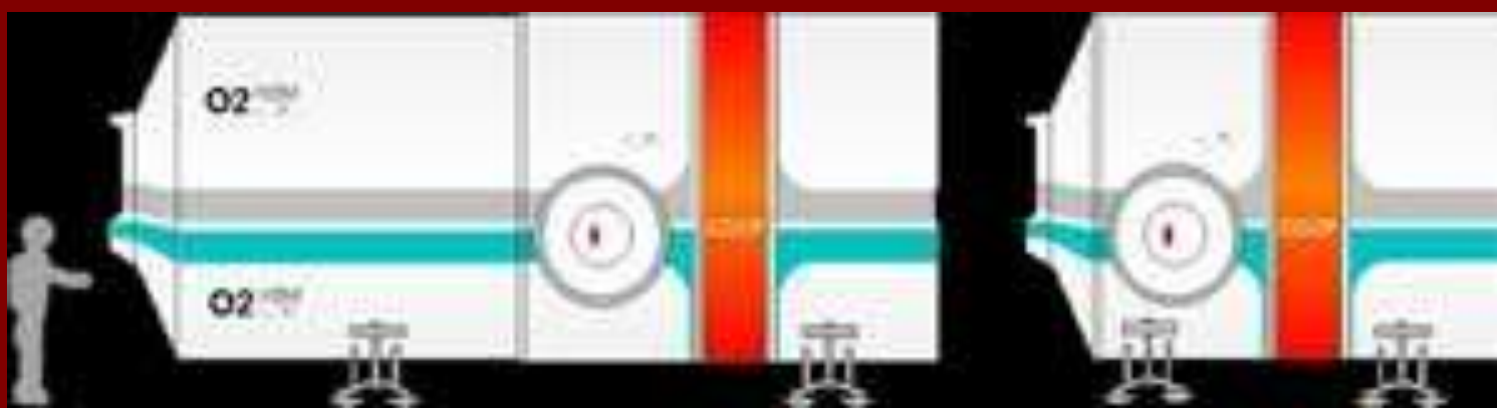
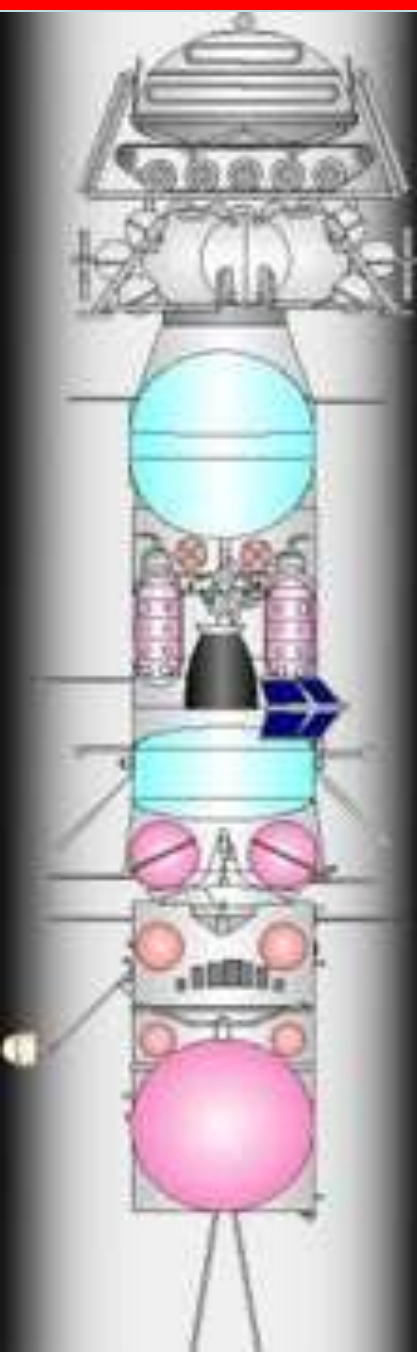
ДЛБ 1972

ЛЭК 1975



ДЛБ 1972

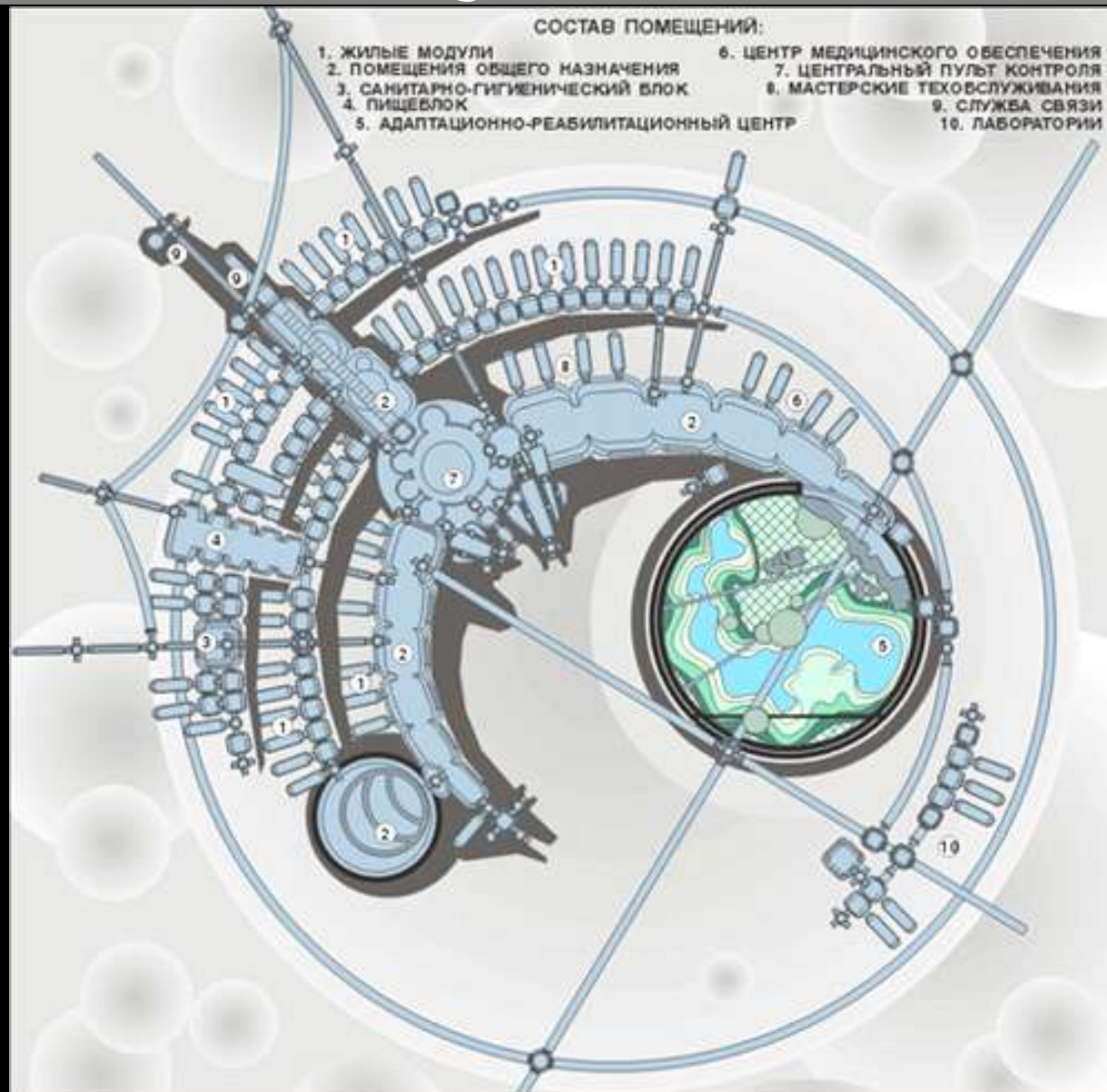
Л-1\Н-1 и Звезда



Звезда превратилась в МКС...



Концепция “Лунная База 2050”



БАЗА 2050 ЖИЛАЯ ЗОНА В КРАТЕРЕ ПЛАН

А.Г.Сизенцев, В.В.Шевченко, В.Ф.Семенов, Г.М.Байдал.

Замкнутая система жизнеобеспечения

На общей площади из расчета 82 м² на одного человека выращивается зеленая масса, требующая 190 кг воды и 2354 г двуокиси углерода в сутки. Эта искусственная плантация может обеспечить 615 г сухого веса пищи в день на человека и 917 г сухого веса несъедобной массы с побочным выходом 1712 г кислорода, который может поступать в общую систему жизнеобеспечения лунной базы.

(А.Г.Сизенцев, В.В.Шевченко с соавт.)

Концепция лунной базы 2050



SIZ

БАЗА 2050	ЖИЛАЯ ЗОНА В КРАТЕРЕ	ОБЩИЙ ВИД
БАЗА 2050	ЖИЛАЯ ЗОНА В КРАТЕРЕ	РАЗРЕЗ



Место для лунной Базы 2050 ?



Проект Центра им. М.В. Хруничева:

3 РН грузоподъёмностью 100 т с разгонным блоком способны вывести на траекторию полёта к Луне 3х37 т.

Этого достаточно для пребывания на Луне 2х человек в течении 180 суток в

3-х модулях (по 9 т) лунной базы :

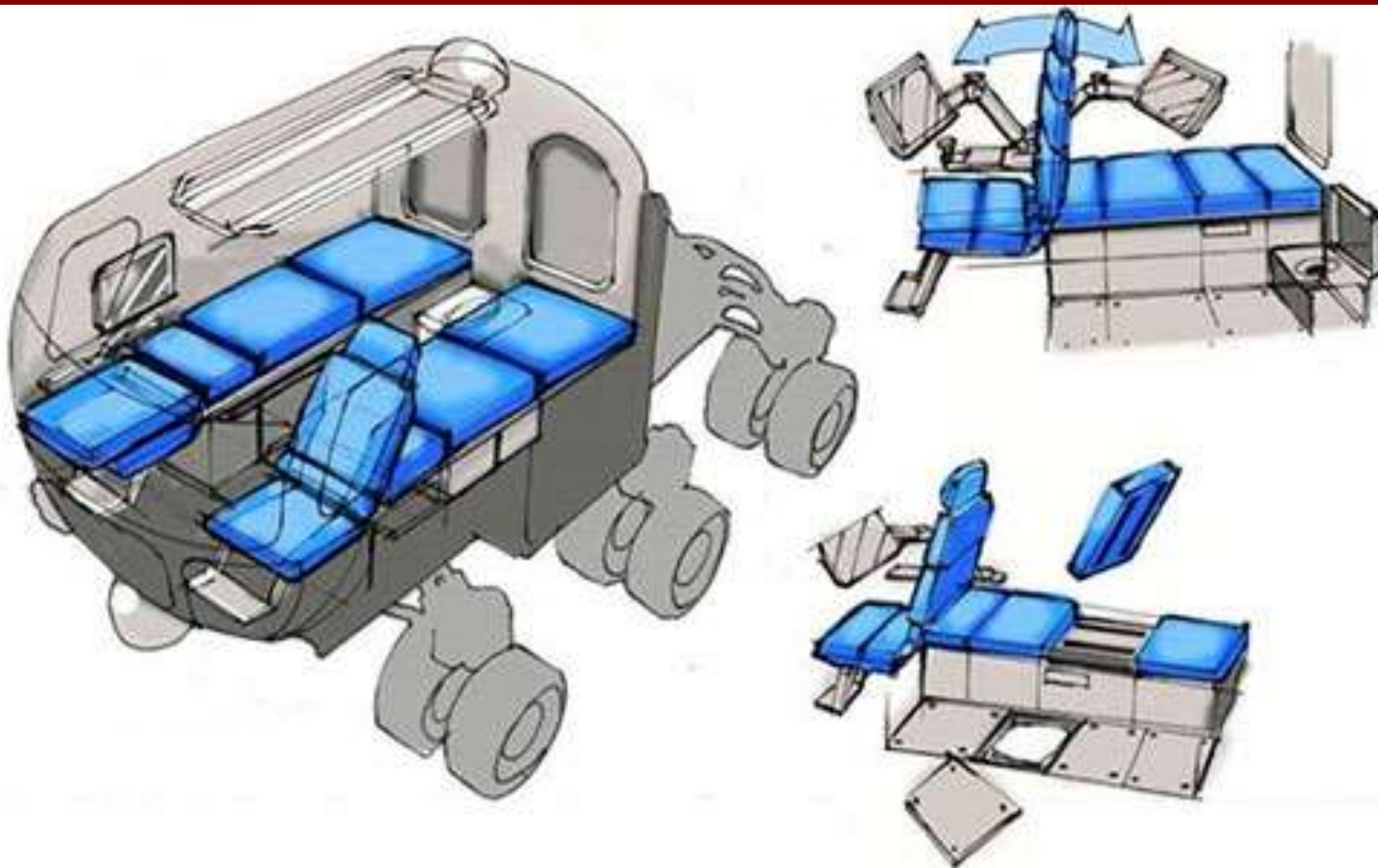
«складском», состыкованном со «служебно-шлюзовым», и «целевом», с кабельной связью.

Основная проблема - съехать с посадочной ступени на Луну, добраться до места и состыковаться.

Рассматривается автоматический или дистанционно-управляемый кран-транспортёр.

Материалы Чтений

Проект подвижной лунной базы NASA



Макет лунной базы у Белого дома

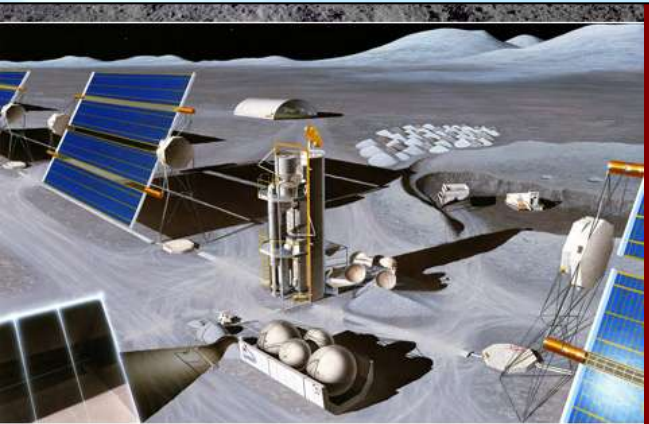


http://nnm.ru/blogs/zxmerlin/lunohod_dlya_obamy/
<http://www.rian.ru/science/20090123/159968624.htm>

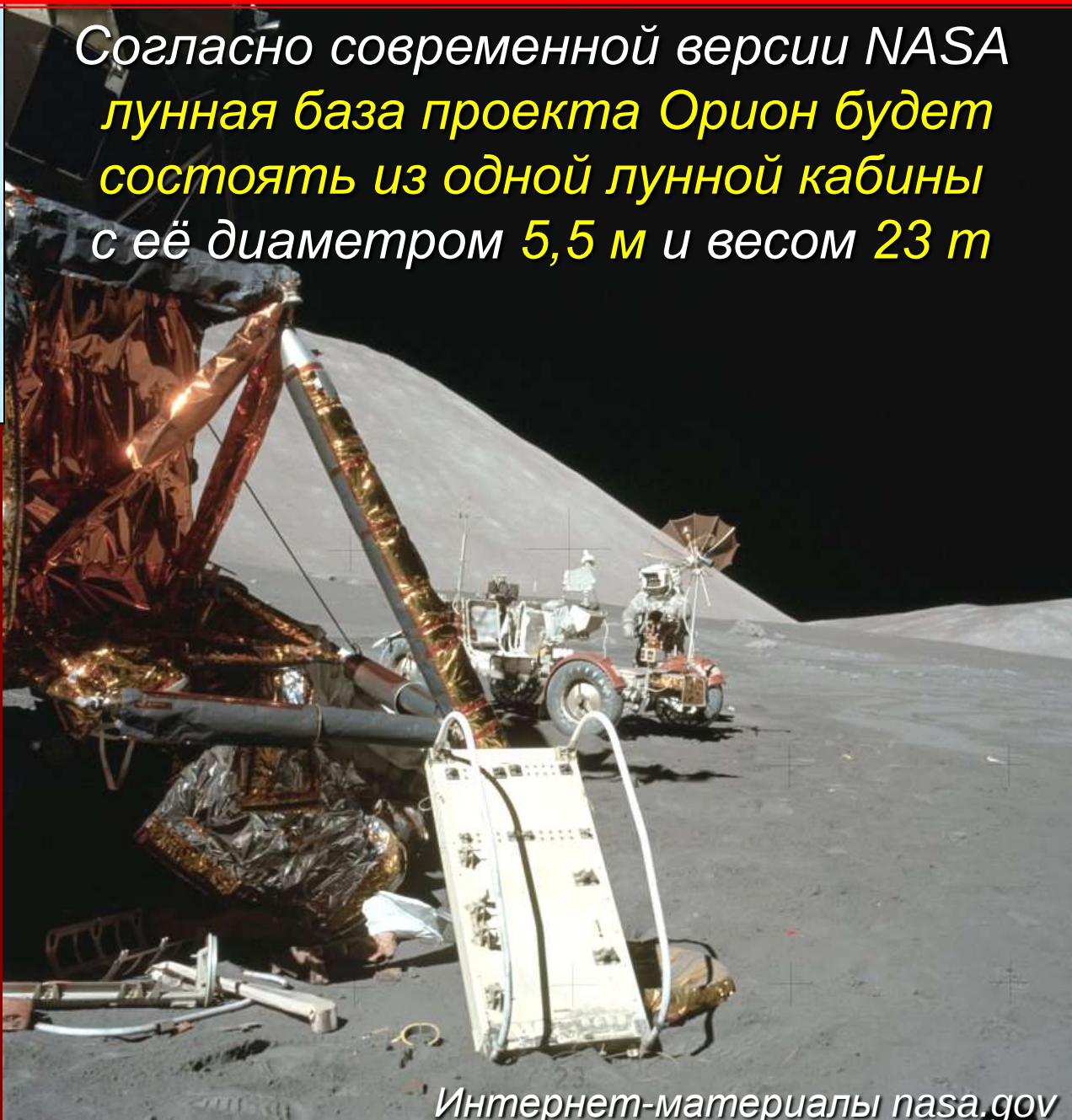
Что надо создать на Луне? И как это сделать?



Лунные посещения или лунные базы?



Согласно современной версии NASA лунная база проекта Орион будет состоять из одной лунной кабины с её диаметром 5,5 м и весом 23 т



Интернет-материалы nasa.gov

Отечественная концепция:

**На Луне должны
длительно работать
автоматы.**

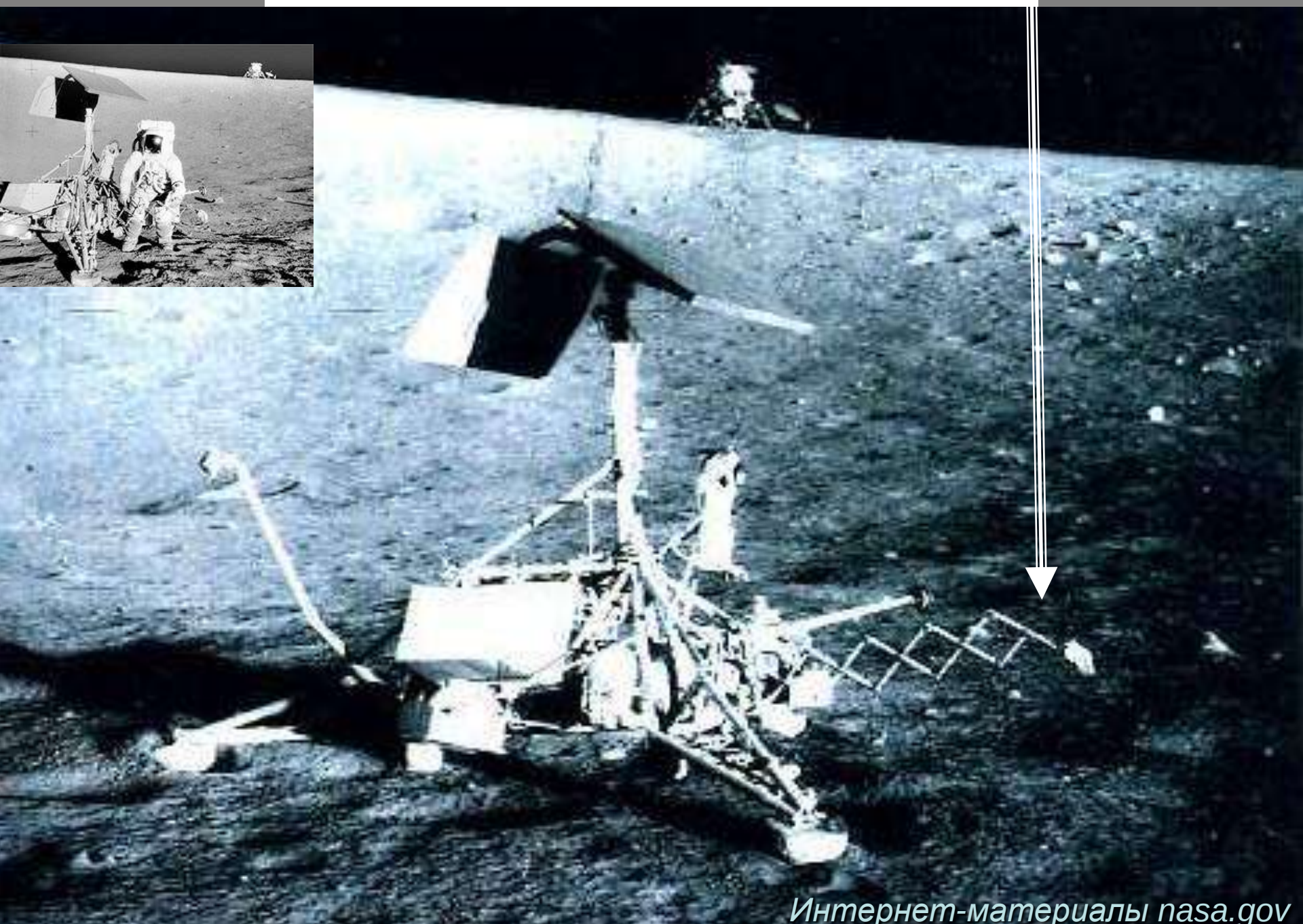
***Космонавты должны
там появляться лишь
на начальном периоде
строительства Лунной
базы и затем – в случае
необходимости!***

ИПМ им. М.В.Келдыша:

***Главное назначение
лунной робототехники:
обеспечить
строительство и
длительное
функционирование
лунной базы
без присутствия
людей !***

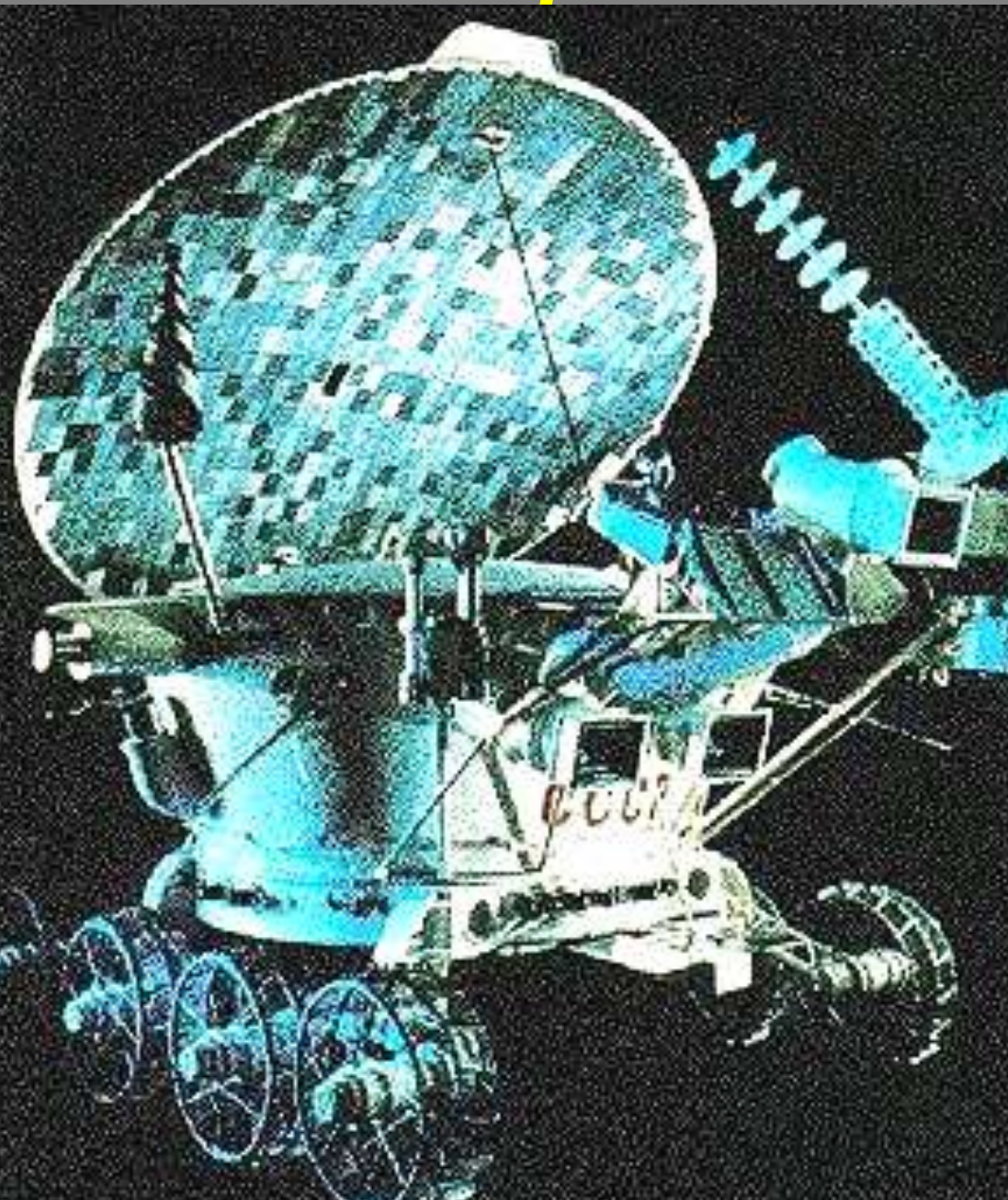
**Во всех серьёзных и
полуфантастических
проектах лунной базы
явным и неявным образом
предполагается
использование роботов, но
нет оценок обстоятельств их
применения.**

Первая работа на Луне



Интернет-материалы nasa.gov

Первая езда по Луне



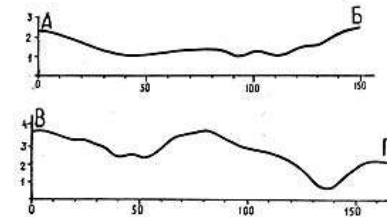
ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СХЕМА
МАРШРУТА „ЛУНОХОДА-1“

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Место посадки станции „Луна-17“
- Маршрут „Луннохода-1“
- Направление движения „Луннохода-1“
- ▲ Место исследования химического состава лунного грунта
- Отдельные камни, россыпи камней
- ⊙ Кратеры-лунки
- ⊛ Центральные горки

0 100 200 300 м

ПРОФИЛЬ ТРАССЫ НА УЧАСТКАХ АБ и ВГ



Высоты даны от условного
начального уровня
(в м)

С
↑
Ю

***Фото с Лунохода, показывающее
станцию Луна 17***



Цель этой работы:

Роботы на Луне

Как это устроить ?

??? о роботах на Луне:

- **Какие роботы нужны ?**
- **Что и как они должны делать?**
- **Какова доля робототехники в грузо- и энерго-стоимости лунной базы ?**

**Ранее делались оценки
«грузо-стоимости»
долговременной
лунной базы**

**- сколько тонн полезного груза
нужно будет доставить на Луну?**

*По одному из ранних вариантов
технического расчета*

лунная база из:

- трёх жилых модулей,
- установки для получения
кислорода,
- средств экскавации и
доставки риголита
- ядерной энергосистемы

***потребует доставки на Луну
125 т полезного груза***

Согласно другой версии
(НИЦ им. М.В.Келдыша)
**общие грузозатраты при создании
лунной базы
с целью добычи
полезных ископаемых
потребуется доставки на Луну
700 т
различных грузов и
оборудования, а также
персонала из 6 человек...**

ПОДРОБНЫЙ ПРОЕКТ ЛУННОЙ БАЗЫ

Чтобы ответить на все вопросы о лунной базе

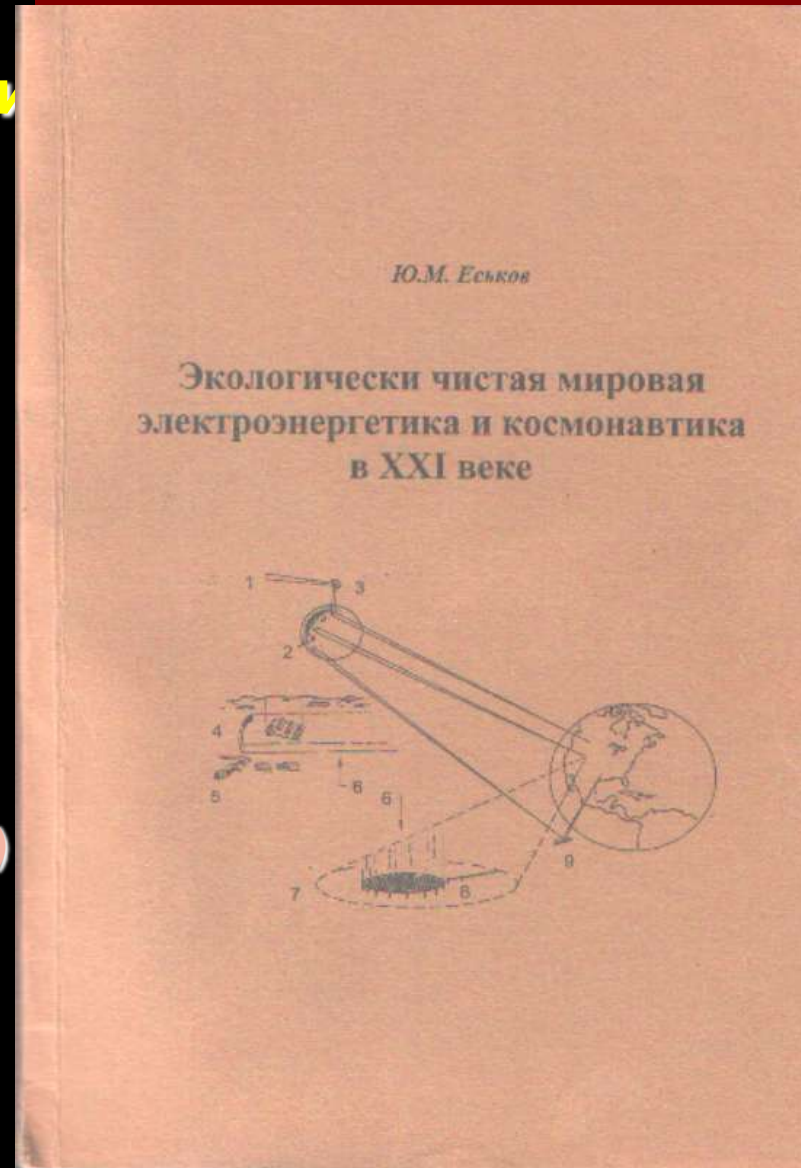
нужен подробный проект
её устройства
обстоятельств
функционирования -
с оценками численных значений
всех её параметров.

Такой проект есть ➡

Это – проект строительства ЛБ
для спасения Земли
от энергетического кризиса.

(Ю.М.Еськов 2005 г.)

В нём подробно описаны
параметры лунной базы и
процессы её создания .



Проект лунной базы Ю.М.Еськова:



Для создания этой базы
на Луну за 4 года
надо будет доставить, а там
принять и обустроить
грузы общей массой 7000 t
(в модулях по 30 t средств
доставки полезного веса
на околоземную орбиту)

Роботы на Луне

**В чём состоит
различие
лунной и земной
робототехник ?**

- 1. В условиях функционирования**
- 2. В задачах роботов лунной базы**
- 3. В энергообеспечении и управлении**
- 4. В новых типах роботов**



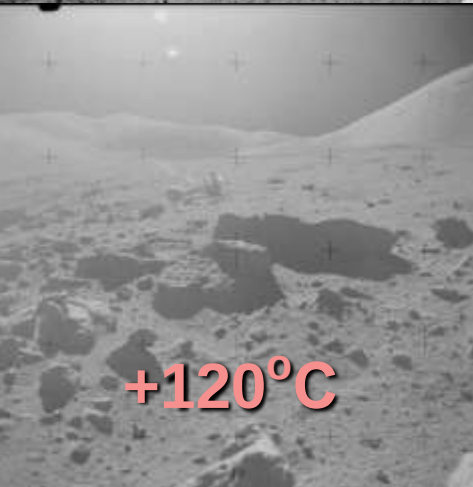
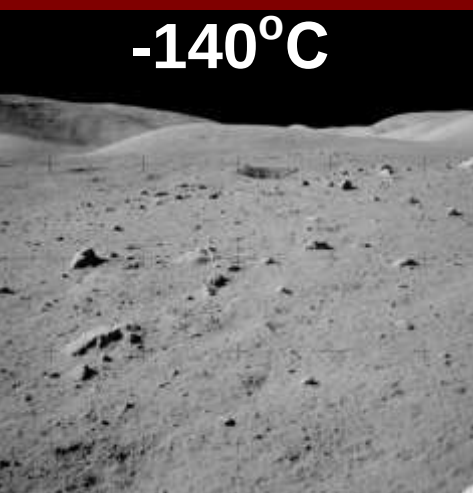
1.

**Очень трудные условия
функционирования
лунных роботов**

!!!

Нужна новая элементная база

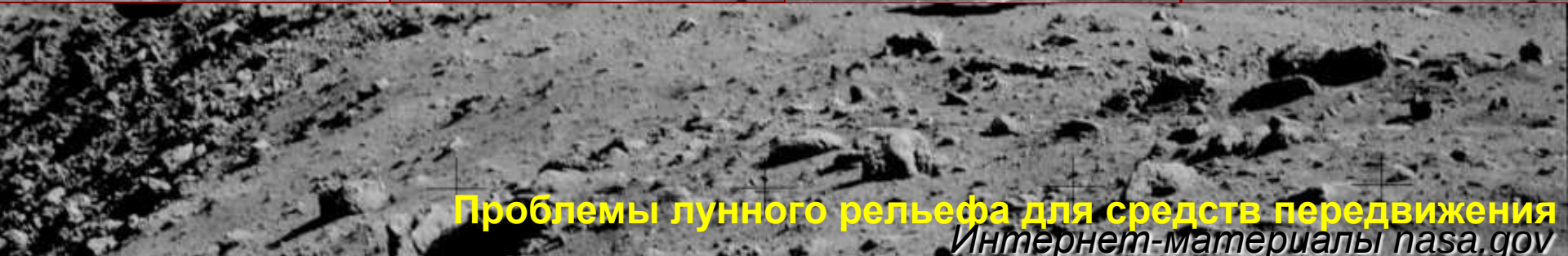
-140°C



+120°C



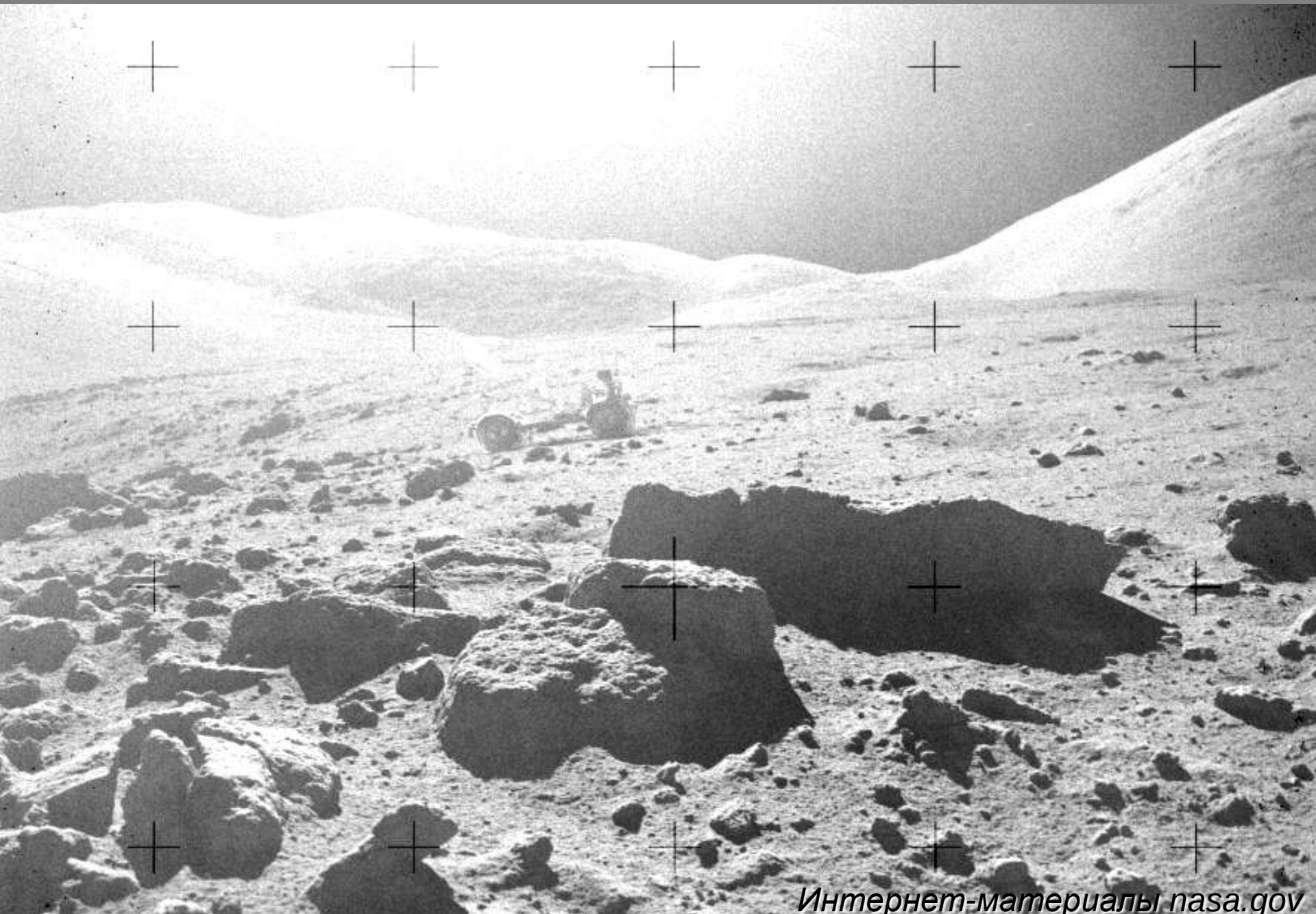
Проблемы контраста для зрительных систем



Проблемы лунного рельефа для средств передвижения

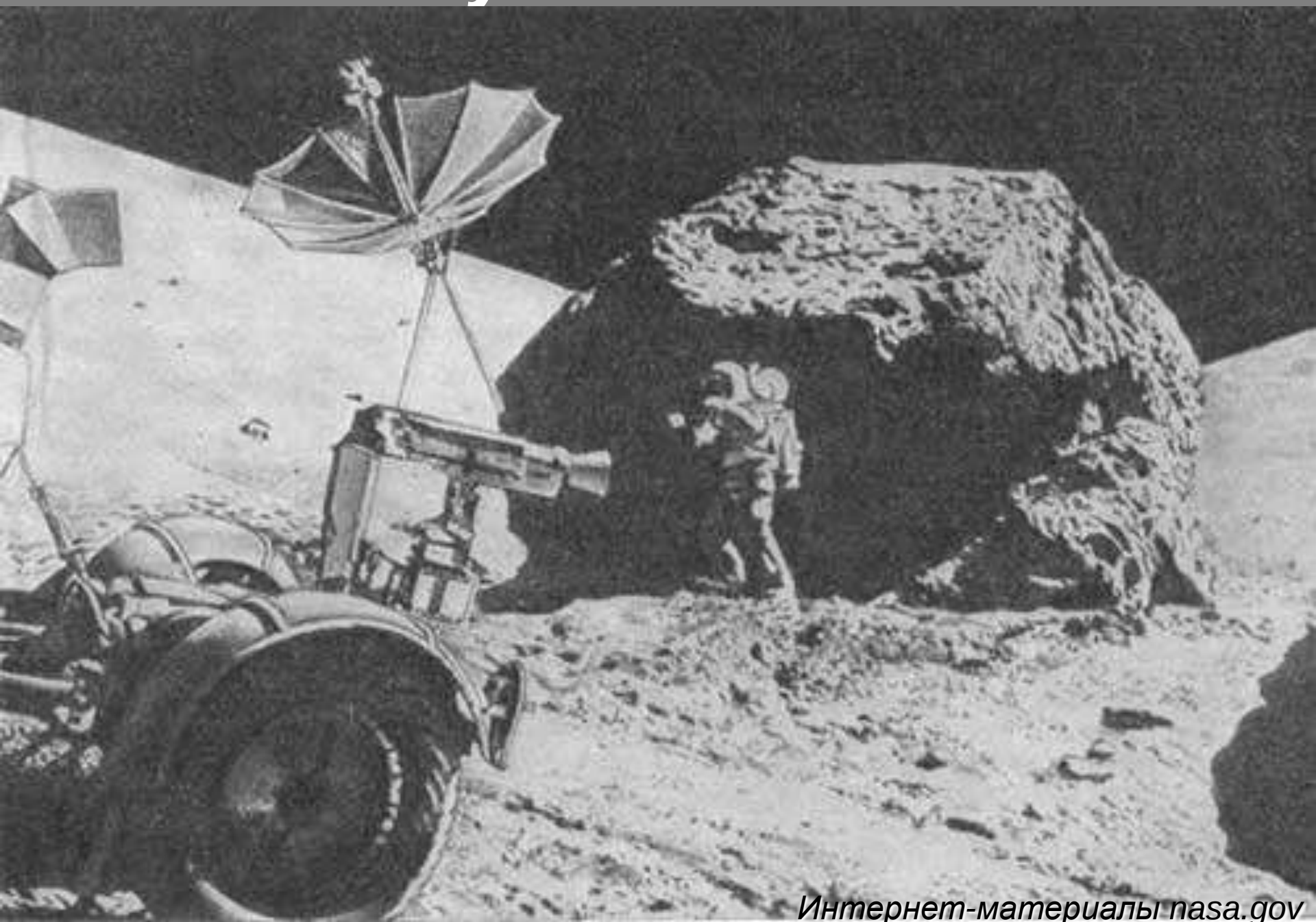
Интернет-материалы nasa.gov

Пример лунного видеоизображения



Интернет-материалы nasa.gov

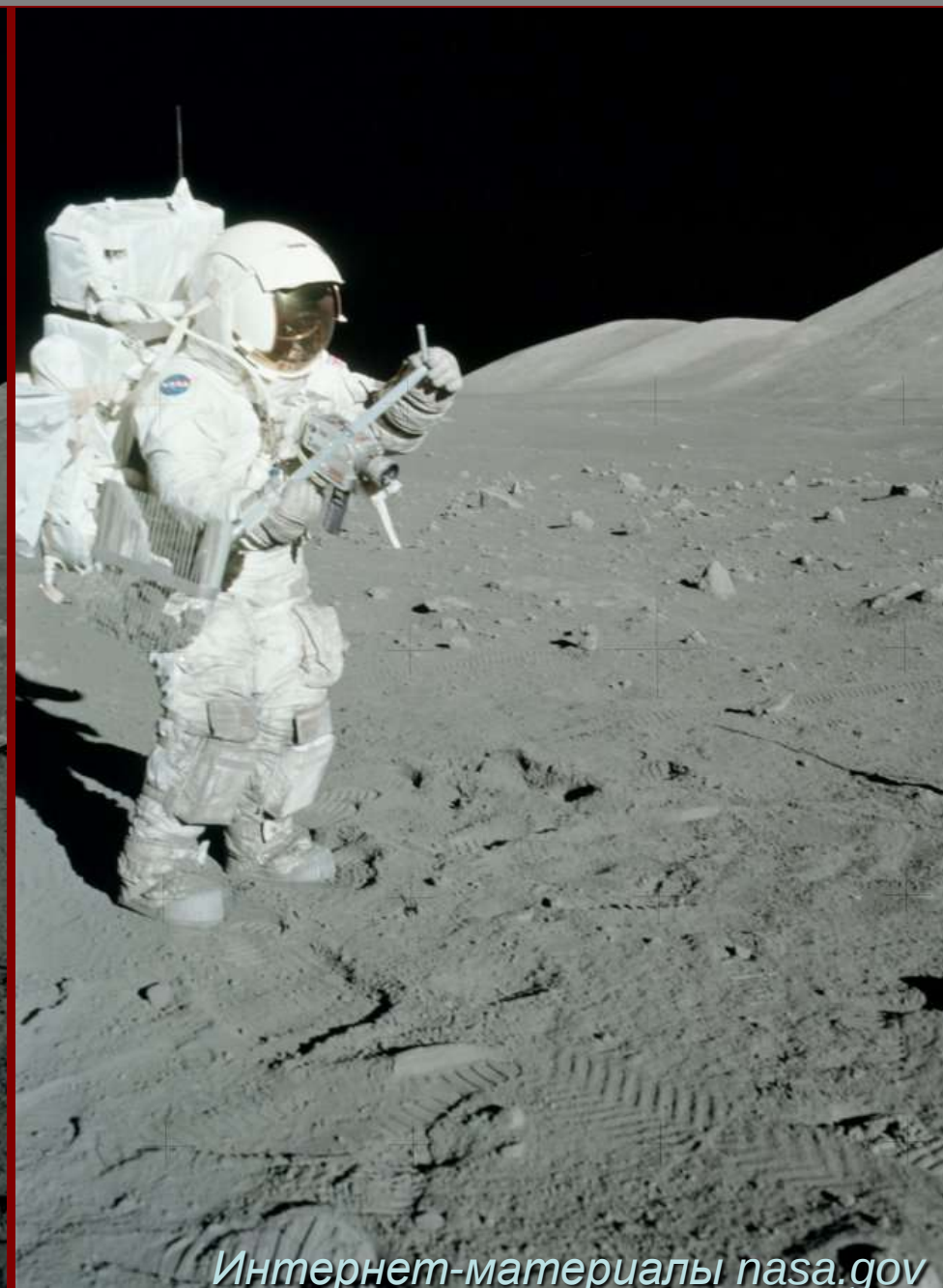
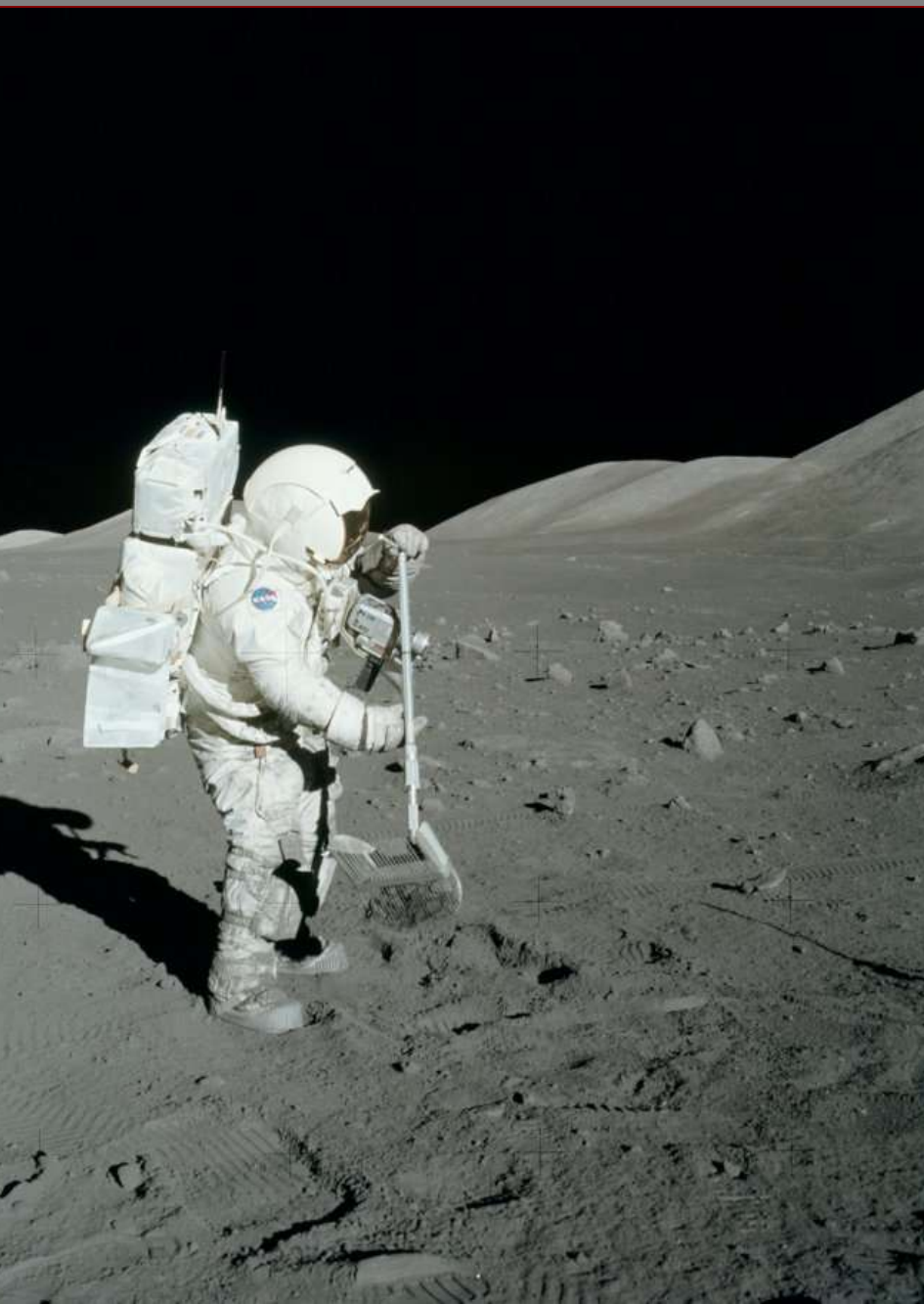
Лунные камни



Лунный рельеф



Проблемы лунной пыли



Интернет-материалы nasa.gov

Ночное время – половина месяца

Откуда взять
энергию ночью?

-140°C



2.

**Сложные задачи
функционирования
лунных роботов
!!!**

ЗАДАЧИ РОБОТОТЕХНИКИ ЛУННОЙ БАЗЫ

Обеспечение **строительства** и затем **многолетнего обслуживания** (1-8 для $\forall$ ЛБ):

1. Сооружений лунного космодрома
 2. Транспортной системы лунной базы.
 3. Энергосистемы лунной базы.
 4. Энергосистемы Луна-Земля.
 5. Систем сотовой связи лунной базы.
 6. Средств радиосвязи Лунная база - Земля,
 7. Средств научных исследований.
 8. Жилого комплекса лунной станции (помещения обитания людей с оборудованием лунного центра управления лунной базой - «ЛЦУ ЛБ»).
-
9. 4-х заводов для производства лунной продукции.

Ниже приводятся примеры требуемых операций роботов

- Обеспечение функционирования
лунного космодрома***
- Строительство помещений***
- Строительство антенн и вышек***
- Задачи роботов при создании ГСБ***
- Задачи роботов при создании ЭИК***

Задачи роботов лунного космодрома:

1. Обеспечение заправки лунным топливом (60т - криогенные жидкости и порошки) и пуска-посадки лунных ракет – каждые 6 (а при работе только лунным днём – каждые 4) земных дня.
2. Доставка к ракете от склада по 30 т модулей лунного топлива. *Склад расположен рядом с заводом топлива и не ближе чем (из вопросов безопасности) 2 км от границ космодрома..*

Задачи роботов лунного космодрома:

3. Прием и складирование каждые 16 дней 150 т. груза*)
(7000 т. за 4 года). Груз - модули по 30 т. с диаметром 3,9 м.

Максимальные продольные размеры доставляемых грузов – 2,5 м.

Высота подъёма-спуска груза – 3 м.

Высота захвата груза – 5,5 м.

*) Упомянутые оценки не учитывают размера доставляемого на Луну веса элементов лунной робототехники, определение которого и составляет одну из задач данной работы. При этом представляла интерес оценка сверху – для

Задачи роботов лунного космодрома:

4. Осмотр внешнего состояния ракеты и её элементов.
5. Подключение внешнего электропитания к системе автоматики ракеты.
6. Контрольные операции исправности технических модулей (агрегатов и элементов автоматики) ракеты.
7. Замена неисправных модулей оборудования ракеты.

Задачи роботов лунного космодрома:

8. Доставка неисправных модулей ракеты в цех ремонта.
9. Контроль заправочных ёмкостей ракеты в процессе заправки лунных ракет лунным топливом.
10. Контрольные операции в процессе пуска и посадки ракет.
11. Контроль состояния систем и механизмов космодрома и роботов.
12. Заряд аккумуляторов на борту.

Задачи роботов лунного космодрома:

13. Заряд аккумуляторов в стационарных условиях энергостанции.
14. Контроль и замена бортовых аккумуляторов.
15. Поддержание системы энергообеспечивания работ, (например - для троллейбусной энергосистемы).
16. Операции радиообмена данными с центром управления лунной базы.

Задачи строительства лунной базы

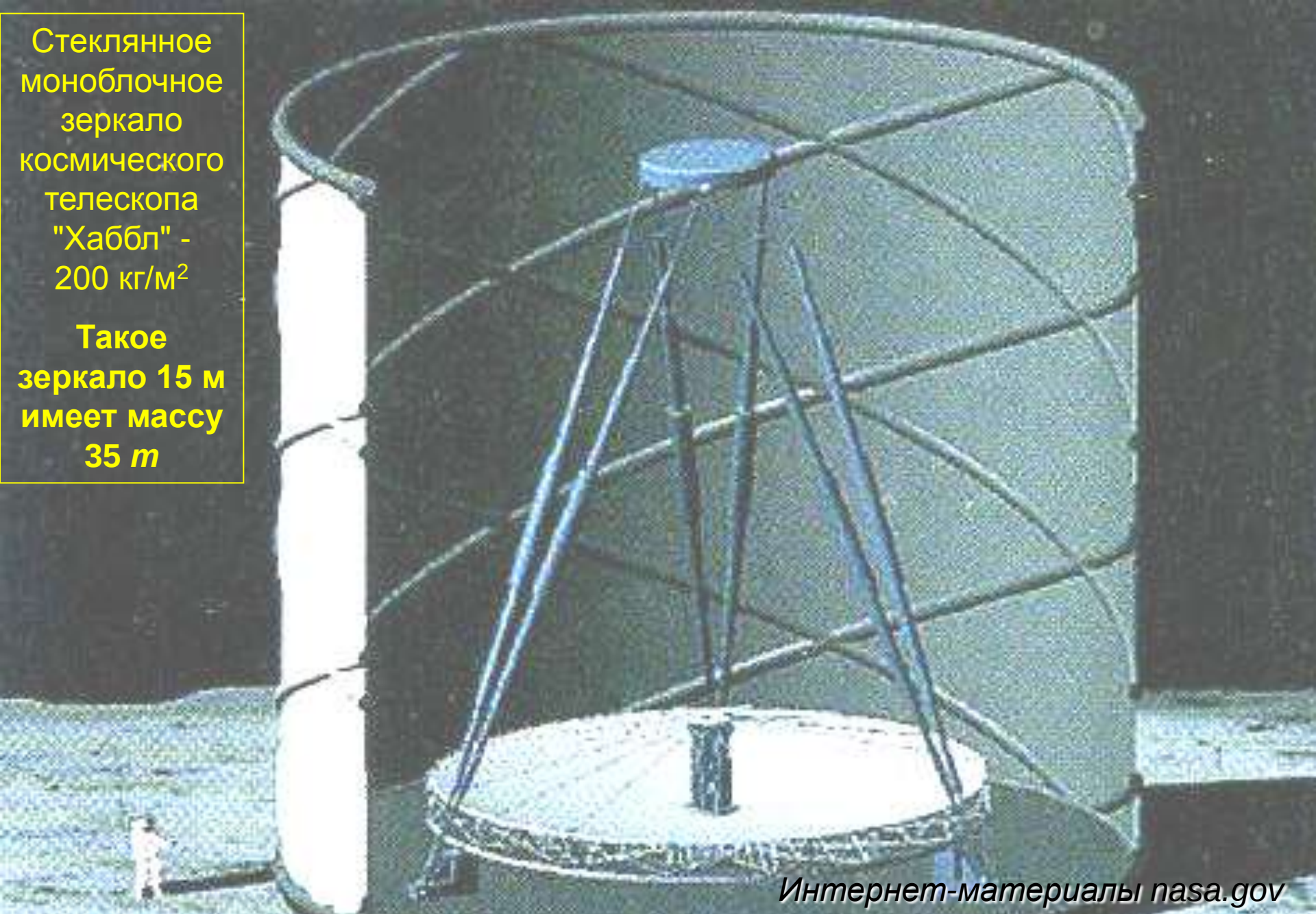
Как построить такие вышки?



Строительство сложных сооружений!

Стеклянное
моноблочное
зеркало
космического
телескопа
"Хаббл" -
 200 кг/м^2

Такое
зеркало 15 м
имеет массу
 35 т



ПРИМЕР

***типо-размера робота,
нужного для строительства
высоких конструкций
лунной базы***

Строительный манипулятор Effer 110 E 2S



Грузоподъемность, т:	3,725
Масса крана, кг:	1481
Грузоподъемность при макс. вылете, кг:	1225
Макс. вылет стрелы, м:	8,09
Макс. грузовой момент, т х м:	10,73
Угол поворота, градусы:	400
Тип стрелы:	телескопическая или ангулярная
Масса шасси, т:	12
Ширина, м:	2,455
Высота в сложенном состоянии, м:	2,22

Лунный аналог этого крана-манипулятора с массой **1,5т** и максимальным грузовым моментом **10,73 т×м** сможет манипулировать грузом с лунным весом **5лг** в рабочей зоне **2 м**.

Такие краны должны быть установлены стационарно **около интерфейсных устройств** элементов лунной базы и **на стандартном роботе-транспортёре** с его массой **15 т**.

Минимальное число стационарных кранов равно четырёх: **2 крана** должны обеспечивать погрузку на грузовые транспортёры продукции топливного и детали-изготовительного заводов, **1 кран** должен обеспечивать погрузочно-разгрузочные операции у склада и **1 кран** – у аккумуляторной энергостанции. Остальные погрузочные операции в условиях длительно функционирующей лунной базы может обеспечить **1 из больших подвижных кранов**.

Концепция лунной базы 2050

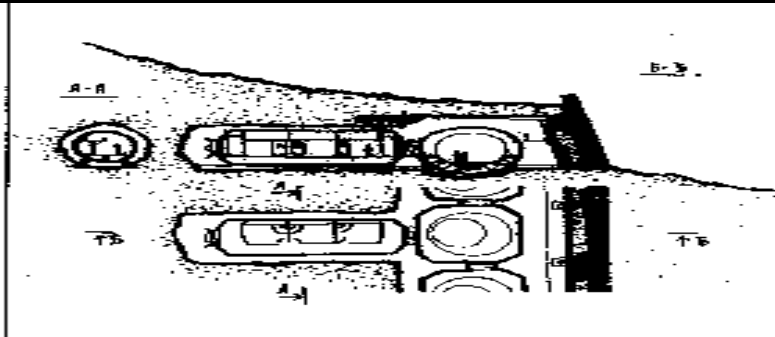
БАЗА 2050 ЖИЛАЯ ЗОНА В КРАТЕРЕ РАЗРЕЗ



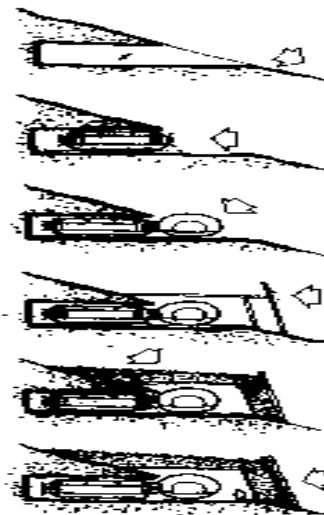
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
КОНФЕРЕНЦ-ЗАЛ

АДАПТАЦИОННО-РЕАБИЛИТАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
САМОЕ БОЛЬШОЕ КУПОЛЬНОЕ ПОМЕЩЕНИЕ БАЗЫ

«Луноройные» строительные задачи робототехники:



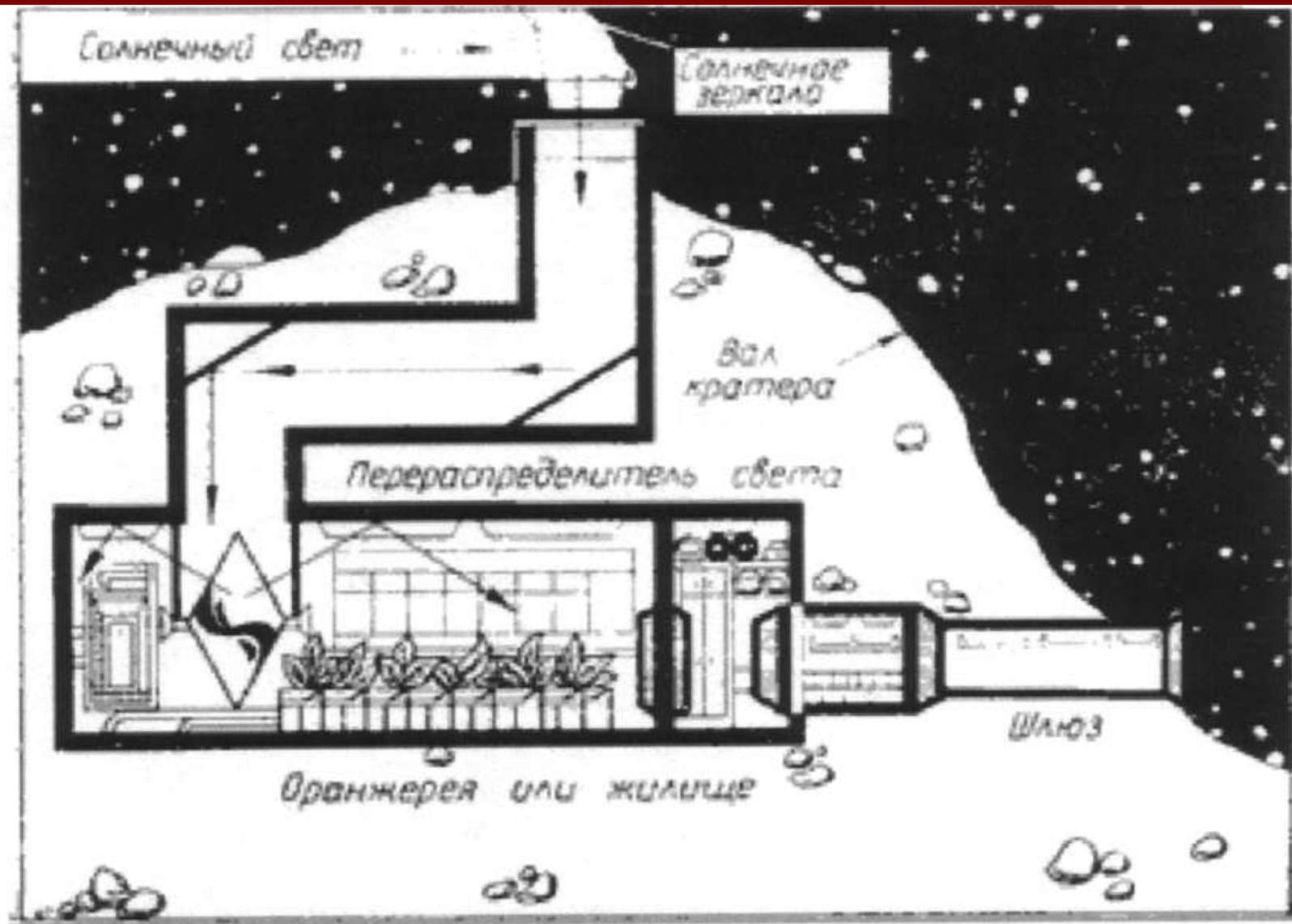
- СХЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ В РАМКАХ
ПРОГРАММЫ «ЛУНОРОЙНЫЕ»



- 1 СОЗДАНИЕ УКРЫТИЯ МЕТОДОМ
ПОСЛАБОГО УДАРЕНИЯ И ВЫБОР
ЛУННОЙ
- 2 УСТАНОВКА ИММОБИЛЬНЫХ
УКРЫТИЙ ПО РЕАКЦИЯМ-НАПРАВЛЯЮЩИМ
- 3 УСТАНОВКА МОДУЛЕЙ ГАЗОВЫХ
- 4 МОНТАЖ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
И МЕХАНИЧЕСКОЙ СЕТКИ
- 5 ЗАКРЫТИЕ РЕЗЕРВУАРА
- 6 ПЛАНИРОВКА (ВЕРТИКАЛЬНАЯ)
РАБОТЫ

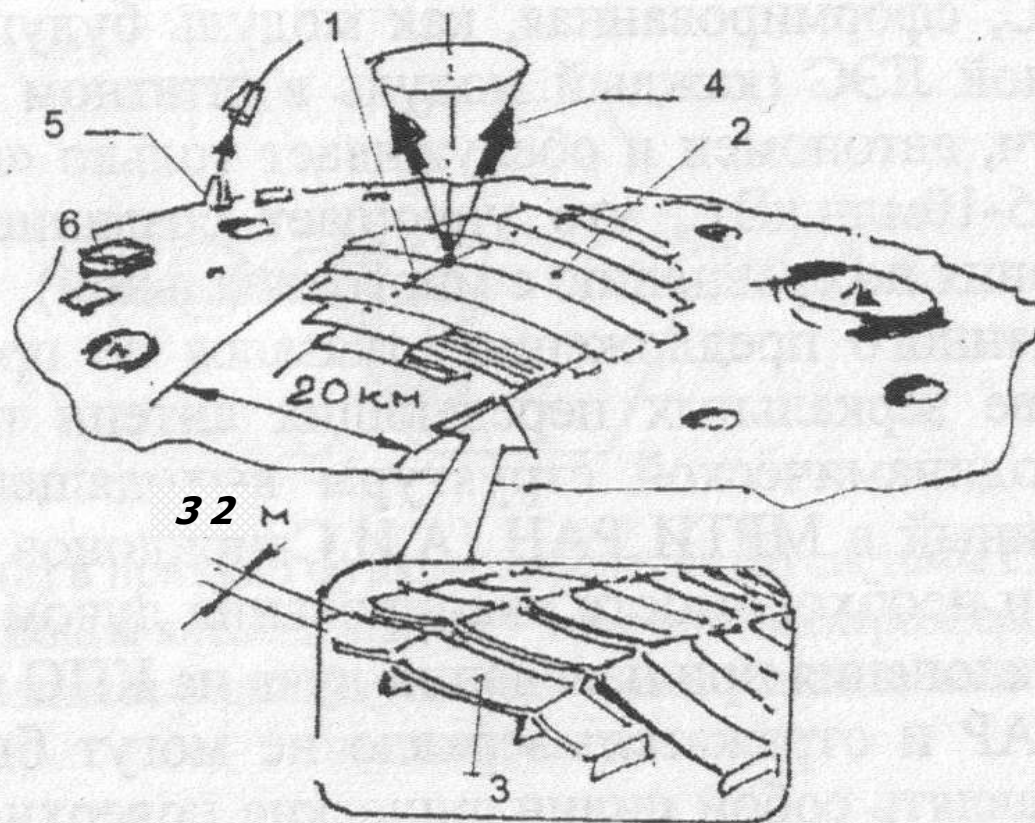
* ПРИ УДАЛЕНИИ ИММОБИЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ИЛИ МОДУЛЕЙ ПОВЕРХ
КОНСТРУКЦИИ ДЕМОНСТРИРУЕТСЯ В СЕРАТИИ
ПРОСАДОЧНОСТИ

Строительство сложных подлунных помещений



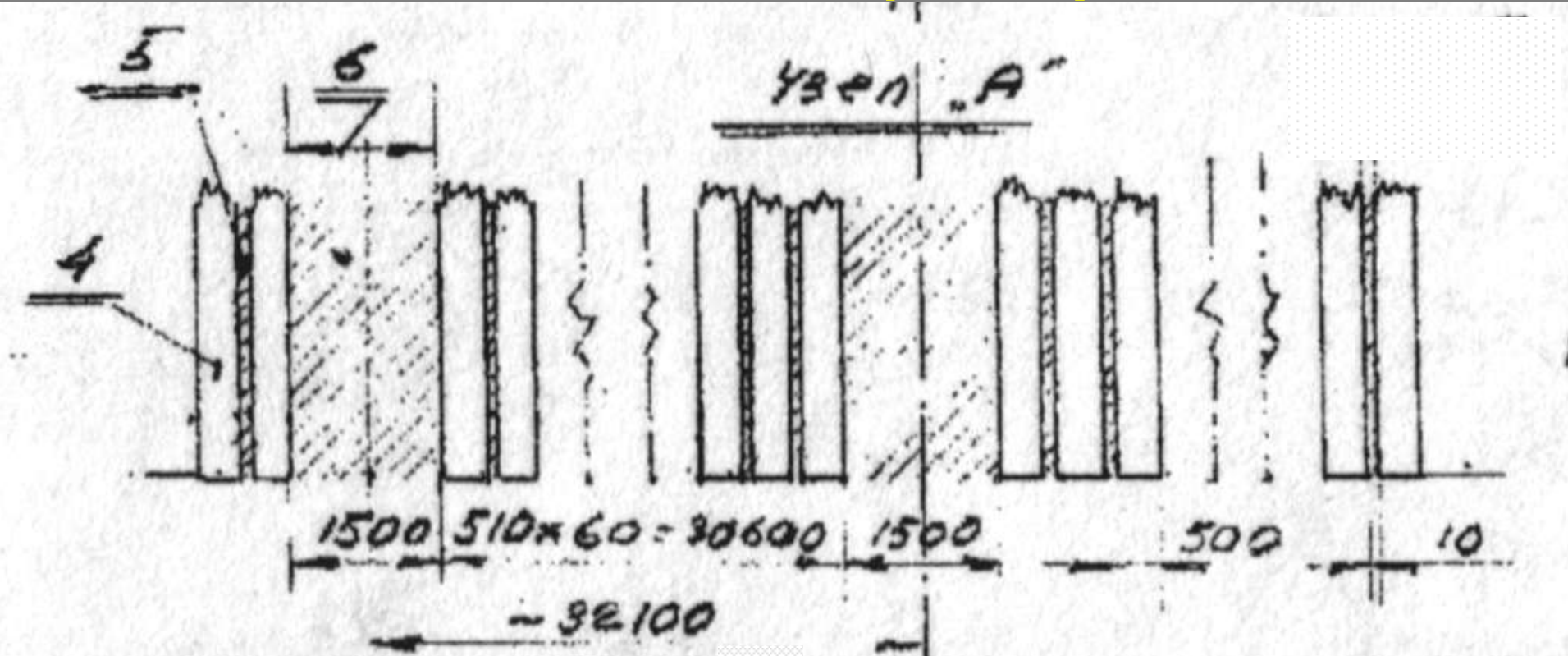
Полярная подповерхностная база снабжаемая энергией
солнечного света от гелиостата

Из проекта лунной базы Ю.М.Еськова следует, что надо построить большие поля антенн и солнечных батарей



Лунная энергетическая демонстрационная станция (ЛЭС). 1 – лунный экватор; 2 – передающая антенна (энергоизлучающий комплекс); 3 – антенная лента; 4 – микроволновый луч в зоне сканирования; 5 – космодром; 6 – производственная база и жилой комплекс.

Схема главной солнечной батареи (ГСБ)



4 – поверхность СБ (секции 30.6×250 м)

5 – межленточный конструктивный зазор

**6 – дорога колеса козлового комбайна-лунохода
(колея комбайна – 32,1 м)**

Задачи роботов при создании ГСБ

Сценарий создания главной солнечной батареи (ГСБ) лунной базы

На стадии создания ГСБ необходимо:

1. **Выполнить нивелирные работы** на рельефе местности с площадью ГСБ $1,75 \times 1,75 \text{ км}^2 = 3 \text{ км}^2$.
2. **Проложить дороги** суммарной длиной до **15 км** с **возможностью двухстороннего движения** между ГСБ и производственной зоной лунной базы, космодромом и лунной станцией с жилым комплексом. (Робот-бульдозер, робот-грузовик)
3. Обеспечить **доставку** к ГСБ в процессе её создания грузов, с суммарной массой около **800 тонн**. (2 робота-грузовика)

Задачи роботов при создании ГСБ

Продолжение

4. Протянуть по поверхности Луны более **15 км** кабеля электросети между ГСБ и производственной зоной лунной базы, космодромом и лунной станцией с жилым комплексом (**10 кабелей с весом по несколько сотен килограмм каждого**). (2 работа-грузовика)

5. Проложить **27** прямолинейных двухколейных дорожных трасс с шагом **32 м** внутри квадрата ГСБ для прохода мотор-колёсных тележек козловых роботов с их **30-ти метровым** размером колеи. (Робот-бульдозер)

Задачи роботов при создании ГСБ

Продолжение

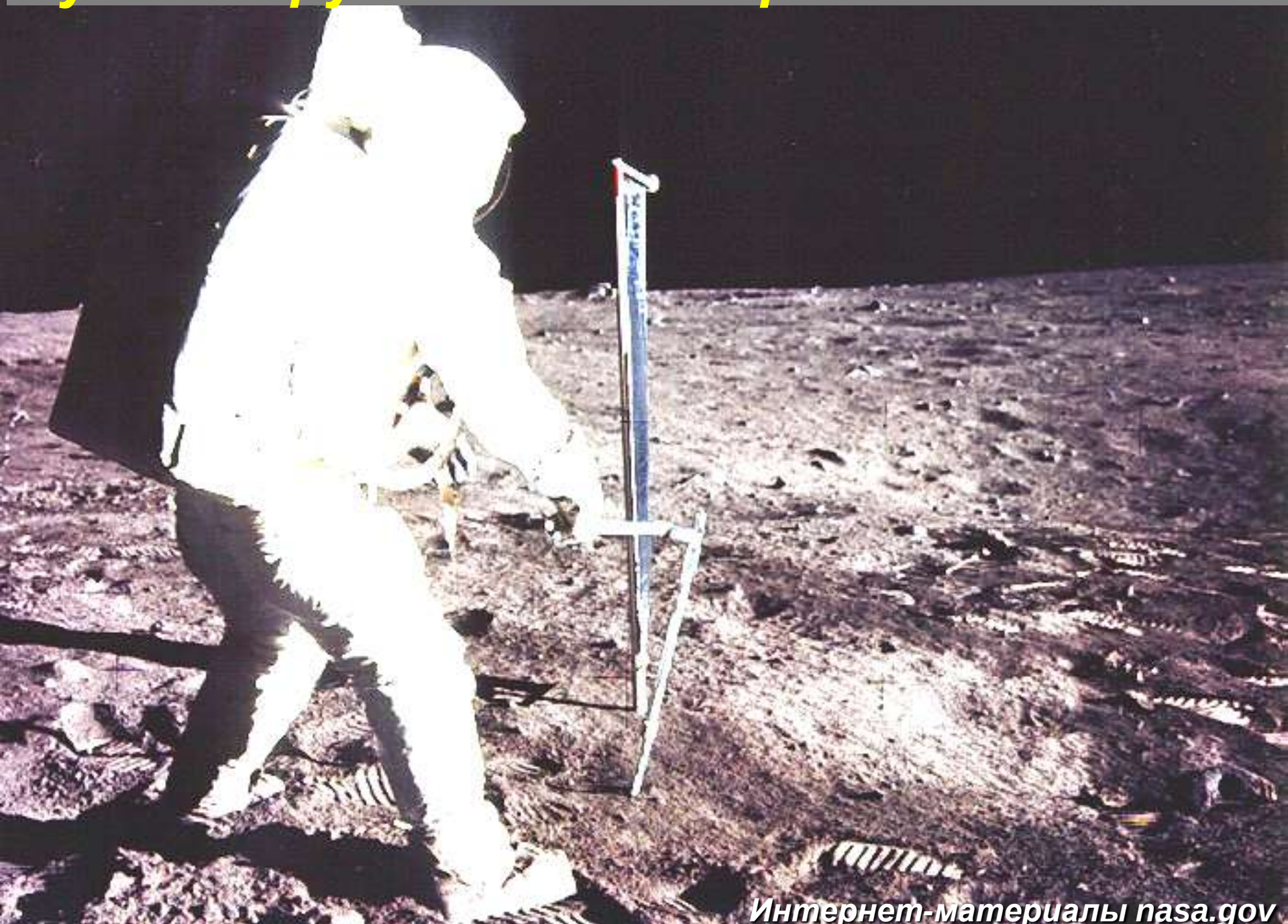
6. Одновременно с этим проложить на каждой колее **2 коллекторных кабеля** лент солнечных батарей (вдоль внутренней стороны одной мотор-тележки и наружной стороны другой мотор-тележки) - **всего 54 кабеля длиной 1750 м с шагом вывода контактных устройств - 250 м.**

(Робот-грузовик)

7. Установить внутри колеи дорожных трасс с шагом **250м×16м 875 опор ГСБ** (при весе одной опоры **2,4 кг** их **суммарный вес – около 2100 кг**), **забивая их в лунный грунт на глубину 40 см с высокой (сантиметровой) точностью по координатам и высоте.**

(Робот-строитель, робот-грузовик)

Лунный грунт очень твёрдый ниже 10 см



Интернет-материалы nasa.gov

Робот бурильщик



Автономный робот-бурильщик Scarab (фото Carnegie Mellon University).

<http://www.membrana.ru/lenta/?8025>

Задачи роботов при создании ГСБ

Продолжение

8. Подключить электрические кабели опор к радиоконтактным устройствам уложенных коллекторных кабелей лент солнечных батарей.

(Робот-электрик)

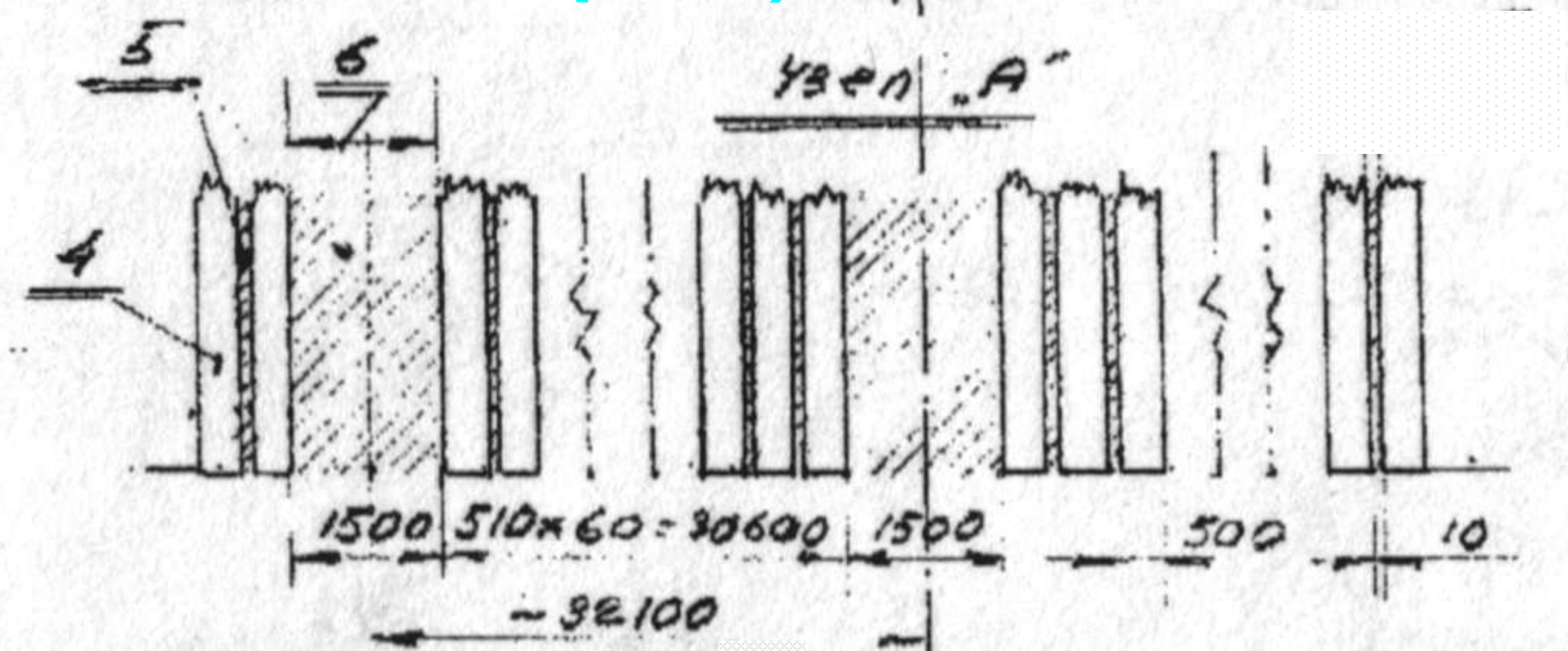
9. Уложить на опоры ленты 763-х секций солнечных батарей с одновременным их подключением к контактам электрических кабелей опор и выполнением контрольно-диагностических операций проверки наличия секционного электропитания.

(Козловой робот-солнечных батарей, робот-электрик)

10. Подключить электрокабели потребителей.

(Робот-электрик)

Структура энергоизлучающего комплекса (ЭИК) аналогична ГСБ



4 – поверхность ФАР с СБ (секции 30.6×250 м)

5 – межленточный конструктивный зазор

6 – дорога колеса козлового комбайна-лунохода
(колея комбайна – 32,1 м)

Задачи роботов при создании ЭИК

На последующей стадии создания ЭИК
будет необходимо выполнить ещё 20 операций:

11. **Проложить дорогу** длиной 25[км с
возможностью двухстороннего движения между
производственной зоной лунной базы и ЭИК,
обеспечивающую возможность доставки к ЭИК в
процессе её создания грузов, с суммарным
весом около 100 тыс. тонн.
12. **Протянуть** по поверхности Луны вдоль дороги
кабель высоковольтной электросети между ГСБ
и ЭИК.
13. **Выполнить нивелирные работы** на рельефе
местности с площадью ЭИК (416 км² - при
диаметре антенного поля 23 км).

Задачи роботов при создании ЭИК

Продолжение

14. Проложить внутри круга антенного поля ЭИК 719 прямолинейных двухколейных трасс с шагом 32 м (для прохода мотор-колёсных тележек козловых роботов с их 15-ти метровым размером колеи).
15. Одновременно с этим проложить на каждой колее 2 высоковольтных кабеля лент ЭИК (вдоль внутренней стороны одной мотор-тележки и наружной стороны другой мотор-тележки), - всего 1438 кабелей хордовой длины от 1250 м до 23000 м с их выводами высоковольтных контактных устройств на шаге, равном 250 м.

Задачи роботов при создании ЭИК

Продолжение

16. Взять из интерфейса транспортной системы очередной из 6600 тонкостенных алюминиевых СВЧ–волноводов длиной 30 м и весом около 3 кг каждого, доставить его к очередному месту монтируемого участка антенного поля и положить его внутри колеи на поверхность Луны.

17. Строго прямолинейно установить по оси каждой колеи с шагом 250 м ~104000 опор ЭИК (их суммарный вес –250 тонн при весе одной опоры 2,4 кг), поочерёдно забивая опоры в лунный грунт на глубину 40 см с высокой (сантиметровой) точностью по координатам и высоте.

Задачи роботов при создании ЭИК

Продолжение

18. Укрепить на каждой установленной опоре задающие СВЧ-генераторы ЭИК с подключением их к уложенным волноводам и к радиоконтактным устройствам уложенных высоковольтных кабелей.
19. Для обеспечения высокого сопротивления опор продольному сдвигу и изгибу (ожидаемый изгибающий момент у основания опоры равен 360 кгм) каждую очередную опору связать 250 м тросом с предыдущей опорой, а первую и последнюю опоры очередной колеи прикрепить тросом к вбитому в лунный грунт якорю, с проверкой сопротивления усилия в 600 кг.

Задачи роботов при создании ЭИК

Продолжение

20. Взять из интерфейса транспортной системы **очередную бобину** с антенной лентой сегмента и **доставить** её к очередному месту монтируемого участка антенного поля.
21. **Зацепить** за очередную опору край свёрнутой на бобине ленты с элементами ЭИК и, **разворачивая бобину, прикрепить** другой конец ленты к следующей опоре, **выполнив** при этом **операцию натяга ленты с продольным усилием 600 кг.**
22. **Подключить** ленты сегмента к волноводам СВЧ генераторов контактные элементы сегмента.

Задачи роботов при создании ЭИК

Продолжение

Выполнить комплекс контрольно-диагностических операций:

- 23. Проверки наличия секционного электропитания от встроенных солнечных батарей,**
- 24. Правильности соединения СВЧ генераторов с волноводами и элементами ленты ЭИК,**
- 25. Правильности функционирования секционных контактов высоковольтной сети.**

В случае неустранимой неисправности установленного сегмента:

- 26. Разъединить все контактные пары,**
- 27. Освободить натяг сегмента,**

Задачи роботов при создании ЭИК

Продолжение

28. Обратным движением робота **смотать** ленту на бобину, не опуская её на волноводы,
29. **Убрать** неисправный сегмент за границы антенного поля.
30. **Выполнить операции установки** антенного сегмента с новой бобины (предполагается полная взаимозаменяемость антенных лент на бобинах).

По завершению работ подключение нагрузки ЭИК к ГСБ выполняется силовым радиоконтактером по команде с Земли.

Список последующих сложных задач

На стадии эксплуатации ГСБ и ЭИК роботы должны обеспечивать:

1. Выполнение операций визуального и метрологического **контроля состояния** больших площадей сегментов ГСБ и ЭИК,
2. **Отсоединение и восстановление контактных соединений** кабелей энергосистемы,
3. **Замены вышедших из строя** СВЧ-генераторов, волноводов и других предусмотренных конструкцией элементов замены оборудования,
4. **Удаление лунной пыли** с поверхности солнечных батарей и антенн ЭИК,

Что делают люди, должны делать и роботы



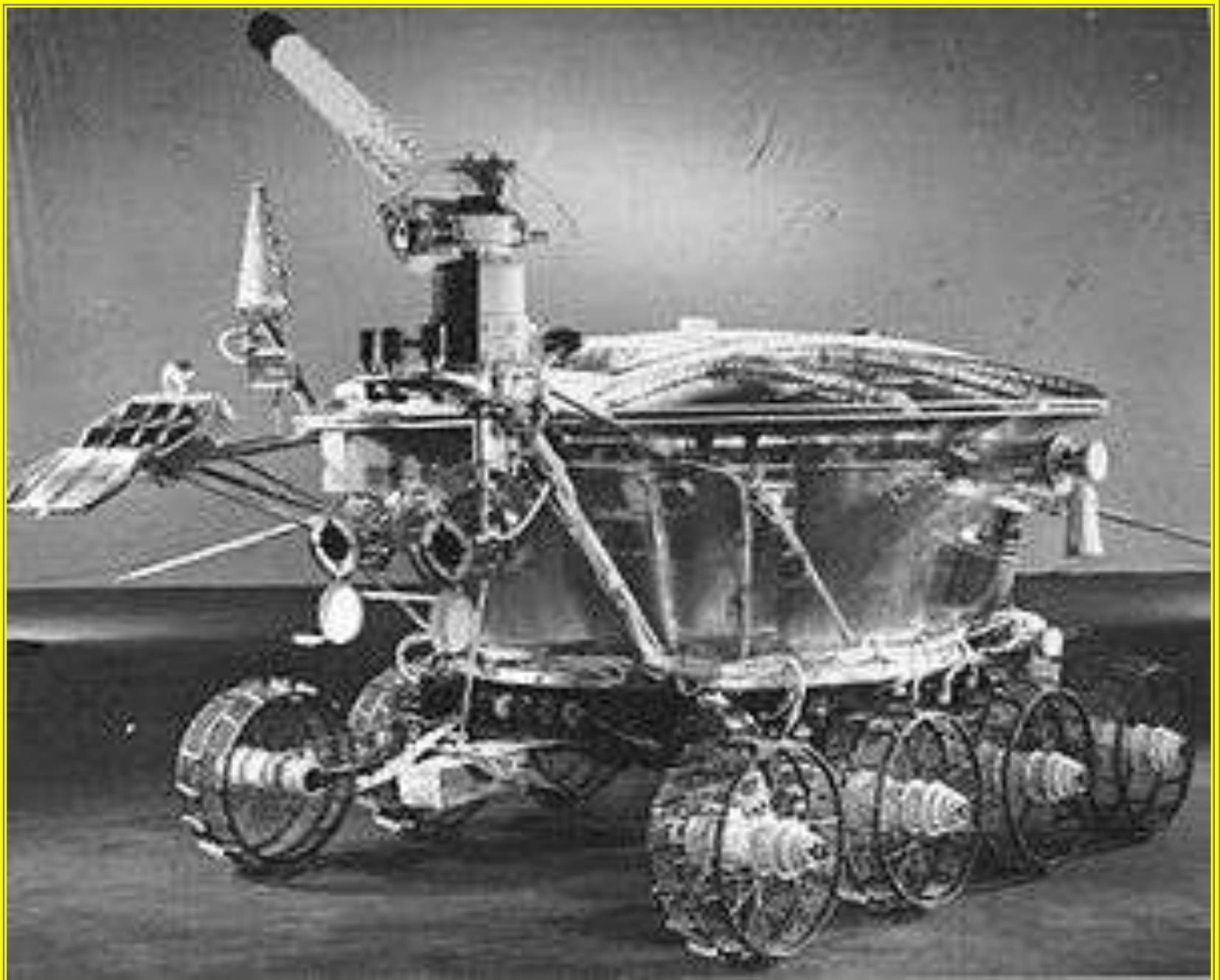
3.

**Энергозатраты
роботов на Луне
?**

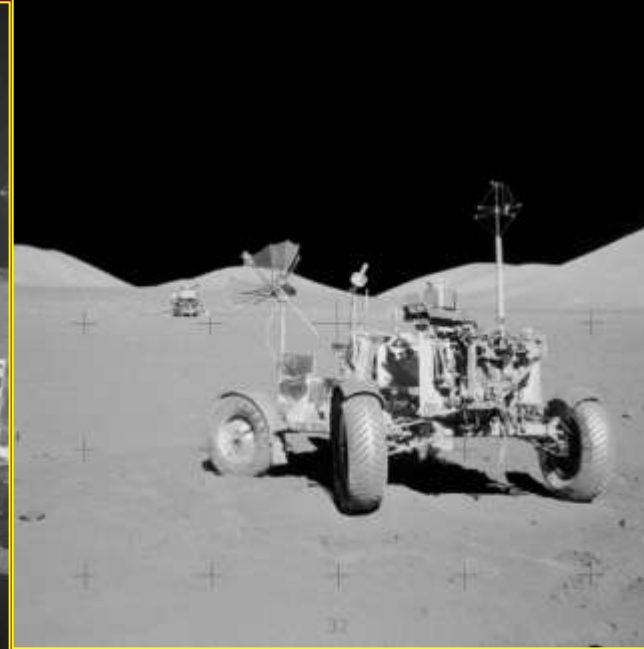


Энергетика движения по Луне

Луноход-1 (1970 г.)



Лунный ровер проекта Аполлон



Результаты поездок по Луне

Ресурс Луноходов – 3 лунных месяца,
проектная дальность не фиксирована

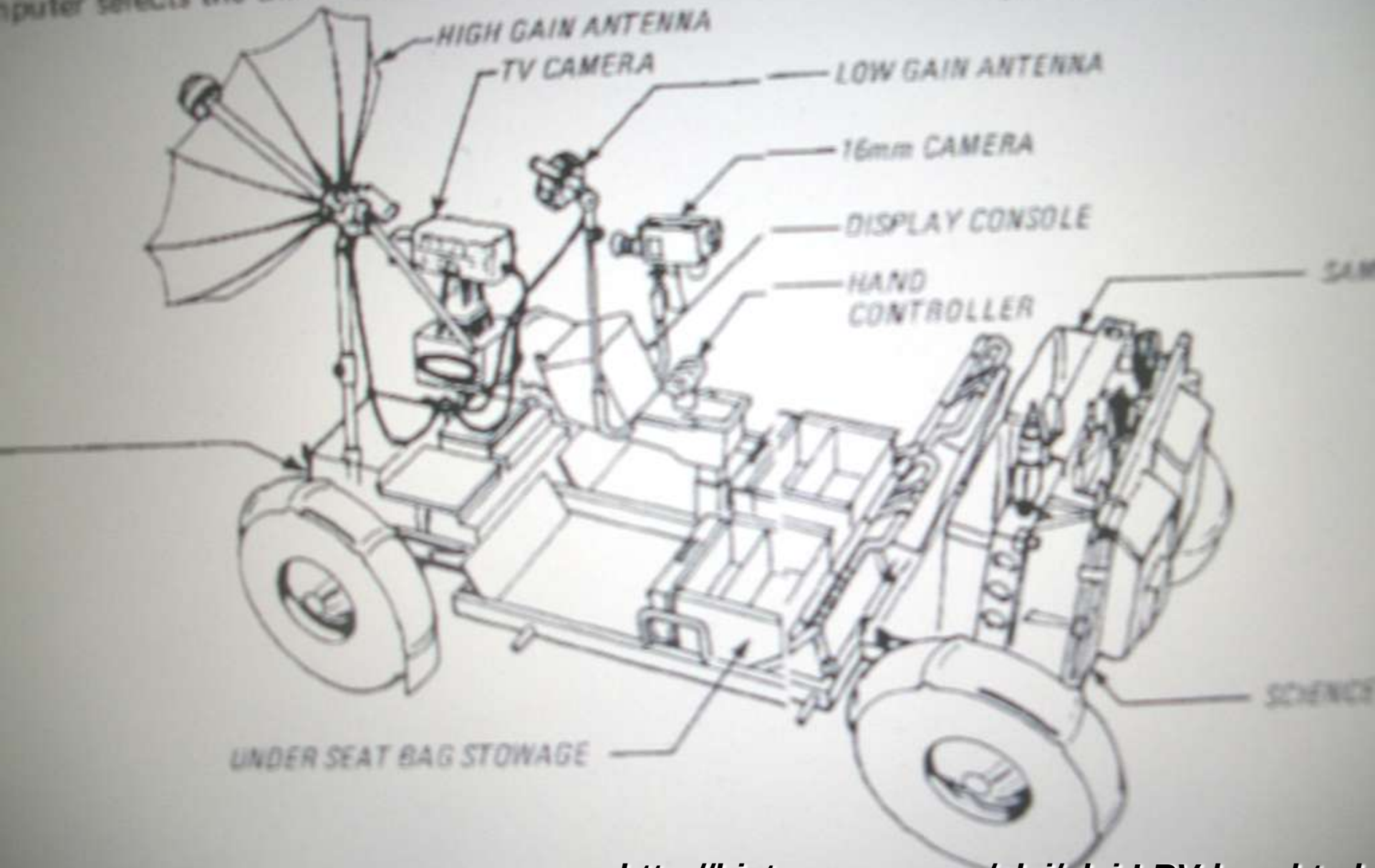
Ресурс LRV– 78 часов (лунным утром),
проектная дальность – 12 км.

- Луноход-1 функционировал 10 месяцев,
проехал 10,5 км.
- Луноход-2 функционировал 5 месяцев,
проехал 37 км.
- LRV-1 функционировал 18ч 33м, проехал
27,9 км за 3ч 08м ездового времени.
- LRV-2 функционировал 20ч 14м, проехал
27,1 км за 3ч 17м ездового времени.
- LRV-3 функционировал 22ч 04м, проехал
35,0 км за 4ч 29м ездового времени.

LVR-17 – прототип расчётов энергозатрат

are amplified and enter the system
computer selects the third-fastest wheel

LVR-17 operation are generated w



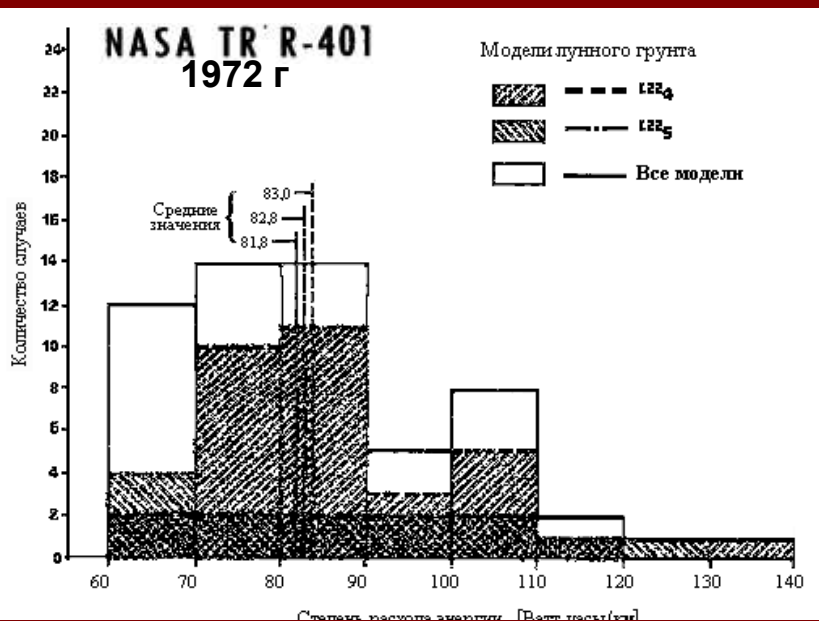
Земные параметры лунного ровера

LVR-3 корабля Аполлон-17 при расчётной скорости 14 км/час имел вес $G = \underline{726}$ кг с весом шасси $G_{ш} = \underline{210}$ кг и $G_{п} = \underline{516}$ кг веса его полезного груза.

На нём стояли 2 серебряно-цинковые аккумуляторные батареи с напряжением **36 В**, суммарными ёмкостями **240 А-час** и весом **64 кг** (весовая эффективность – **0,27 кг/А-час**), которые обеспечивали среднюю и пиковую мощности порядка **400 Вт** (ток - **11 А**) и **1 кВт** (ток - **28 А**)

Таким образом, параметры $\underline{G_{п}/G}$ и $\underline{G_{п}/G_{ш}}$ весовой эффективности роверов достигли уровня **0,71** и **2,46**. Заметим, что земной электроровер похожего класса «**Колибри**» достиг уровня эффективности лишь **0,58** и **1,39**. Высокий уровень таких показателей у луномобилей фирмы Боинг объясняется низкими уровнями требуемых ресурсов аккумуляторных батарей (78 часов) и ходовой части (120 км).

Энергозатраты движения по Луне

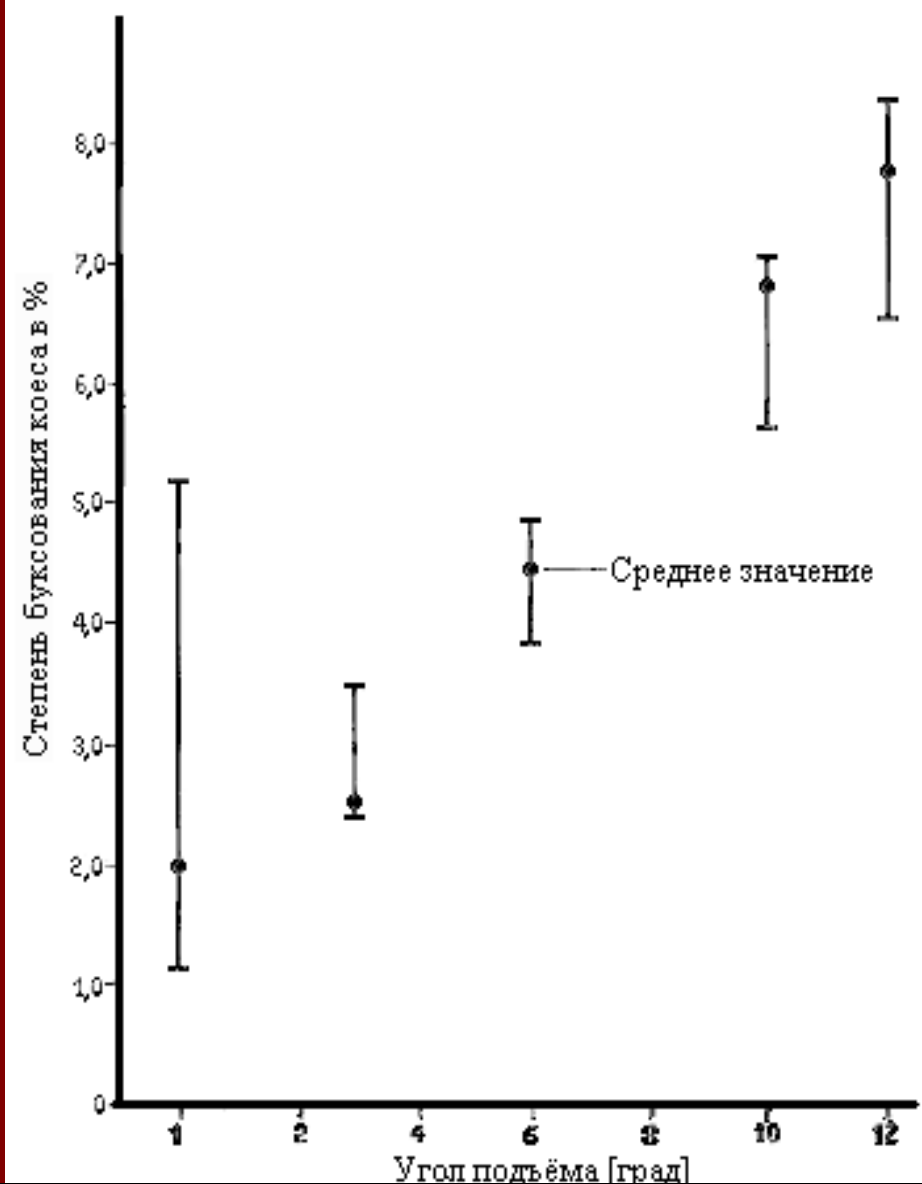
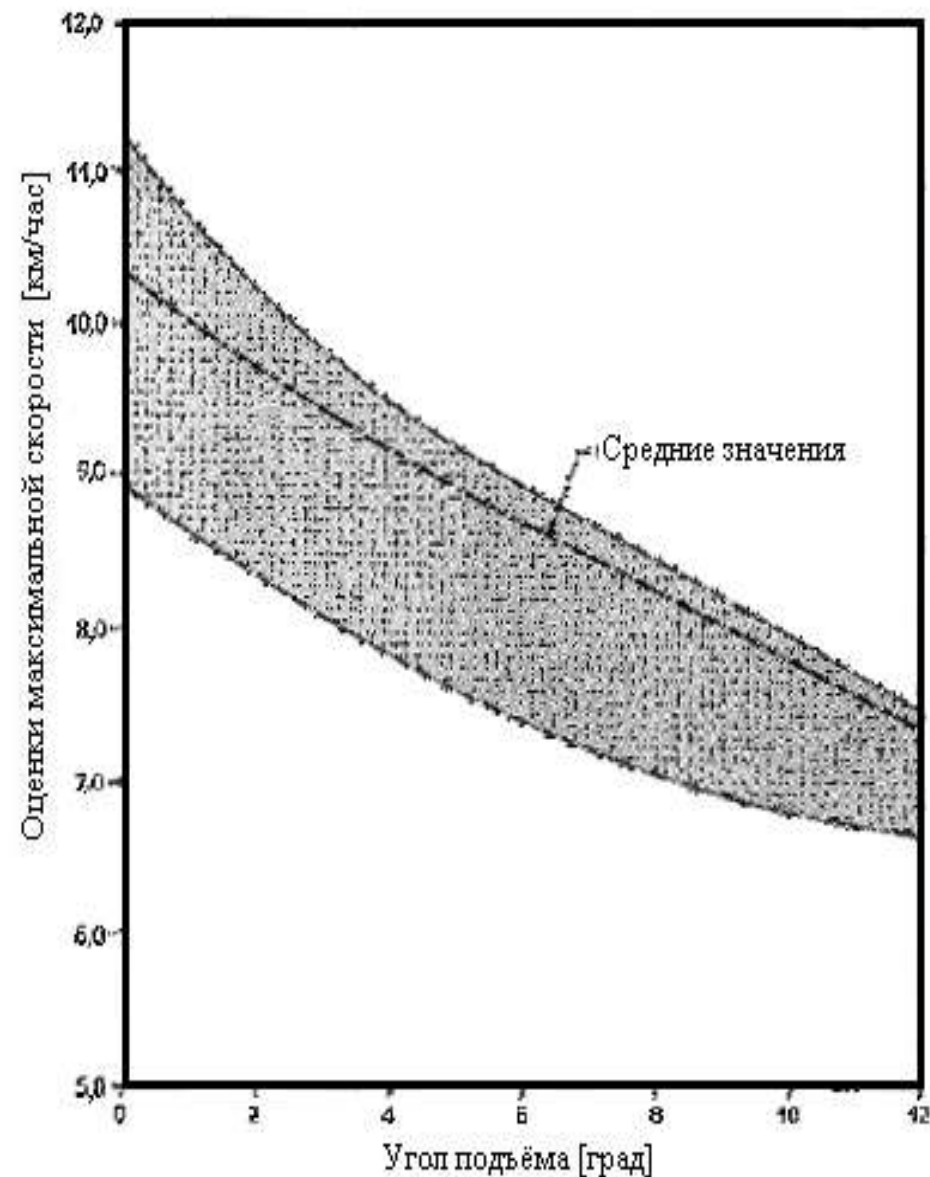


Из опыта движения Лунохода и LRV следует: параметры энергозатрат линейно зависят от веса машины, единицы пути и квадрата скорости

В Интернет доступен анализ телеметрических данных LRV для всех моделей лунного грунта и его рельефа с учётом навигационных погрешностей счисления пути.

**MOBILITY PERFORMANCE
OF THE LUNAR ROVING VEHICLE:
TERRESTRIAL STUDIES - APOLLO 15 RESULTS**
*by Nicholas C. Costes, John E. Farmer,
and Edwin B. George*
**George C. Marshall Space Flight Center
Marshall Space Flight Center, Ah. 35812**

Энергозатраты движения по Луне



Зависимость наблюдаемой скорости движения луномобиля экспедиции Аполлон 15 от неровностей рельефа
Видно, что скорость была 10км/час (при большей скорости растут потери от буксования и подвески).

Энергозатраты движения по Луне

У LVR-1 земного веса $G \approx 708$ кг ($G_{\text{л}} \approx 708/6,06 = 117 \text{ кг}$) с

удельной нагрузкой на грунт Луны $0,585 \text{ кг/см}^2$

(площадь контакта колеса - 50 см^2)

при движении со скоростью $9,5 \text{ км/час}$

наиболее частая величина удельных
энергозатрат на 1 км пути равна

$w_{\text{л}} = 82 \text{ Вт-ч/км}$ (у «Колибри» - 40 Вт-ч/км)

(при напряжении 36 В: $82/36 = \underline{2,3 \text{ А-ч/км}}$).

При увеличении скорости до 15 км/час в
случае худшей местности
требуемое удельное энергопотребление
удваивается.

Лунные следы ровера говорят о его малой нагрузке на грунт



Интернет-материалы nasa.gov

Энергозатраты движения по Луне

Полагая, что требуемые энергозатраты линейно зависят от величины массы робота (при сохранении силы давления на грунт) получим, что при скорости 9,5 км/час коэффициент удельных энергозатрат на 1 км лунного пути и на единицу массы машины в первом приближении равен:

$$W_{LG9,5} = \underline{82/708} = \underline{0,12 \text{ [Вт-час/(кг·км)]}}.$$

При наихудших параметрах лунного грунта максимальная скорость и степень буксования изменяются от 9 до 6,6 км/час и от 5% до 8,5%.

В качестве средних значений разумно принять 10..4 км-час и 3..7% для степени буксования..

Энергозатраты движения по Луне

При квадратичной зависимости от скорости движения удельные энергозатраты на 1 км в общем случае выражаются в виде:

$$W_L = W_{LGV} G \cdot V^2,$$

где значение коэффициента W_{LGV} равно:

$$W_{LGV} = 82 / (708 \cdot 9,52^2) = \underline{0,0013 \text{ [Вт-час}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \text{км}^{-3}]}.}$$

Для простоты дальнейших расчётов коэффициент W_{LG} удельных энергозатрат лунных машин отнесён к скорости 10 км/ч и удельные энергозатраты на 1 км пути - равными:

$$W_{L10} = W_{LG10} \cdot G = \underline{0,13 \cdot G \text{ [Вт-час/км]}.}$$

Энергозатраты движения по Луне

Поскольку 1км пути при скорости V проходится за время $1/V$, требуемая мощность энергосистемы машины массы G для движения по Луне со скоростью V будет $\sim V^3$ и равна:

$$W = w_L \cdot V \text{ [Вт]} = w_{LGV} \cdot G \cdot V^3 \quad \text{и} \quad W_{10} = 1,3 \cdot G \text{ [Вт]}.$$

В предположении возможности езды по Луне со скоростью 10 км/час с сохранением весового соотношения полной массы машины к массе полезного груза таким же, как у LRV-1 ($G/G_p = 1,48 \approx 1,5$) оценка величин установочных мощностей роботов лунной базы базируется на гистограмме энергозатрат луномобиля экспедиции Аполлон 15, из которой следует, что на 1км пути требовалось $82/36 = 2,3$ А-часа.

Расчёт параметров лунного грузовика

В задачах робототехники лунного космодрома присутствуют операции

подъёма – опускания или перевозки грузов с максимальной массой ~30 т, (т.е. с лунным весом 5 лт).

Полная масса транспортного робота для перевозки груза массой 30 т при предполагаемом параметре весовой эффективности робота $G/G_p=1,5$ составит не менее 45 т.

Для транспортных операций с таким грузом при скорости 10 км/ч потребуется батарейная мощность:

$$W_{10}=1,3 \cdot 45 \cdot 103 = 58,5 \text{ кВт}$$

(это уже не кипятильник в стакане (LRV-3: 400 Вт), а мощность среднего грузовика!).

**Т.е. при мощности энергопитания
больших лунных роботов (15 *m*)**

~60 кВт

**требуемый запас энергии
на время движения робота с
грузом не менее чем 8 часов
должен быть равен**

~480 кВт·ч

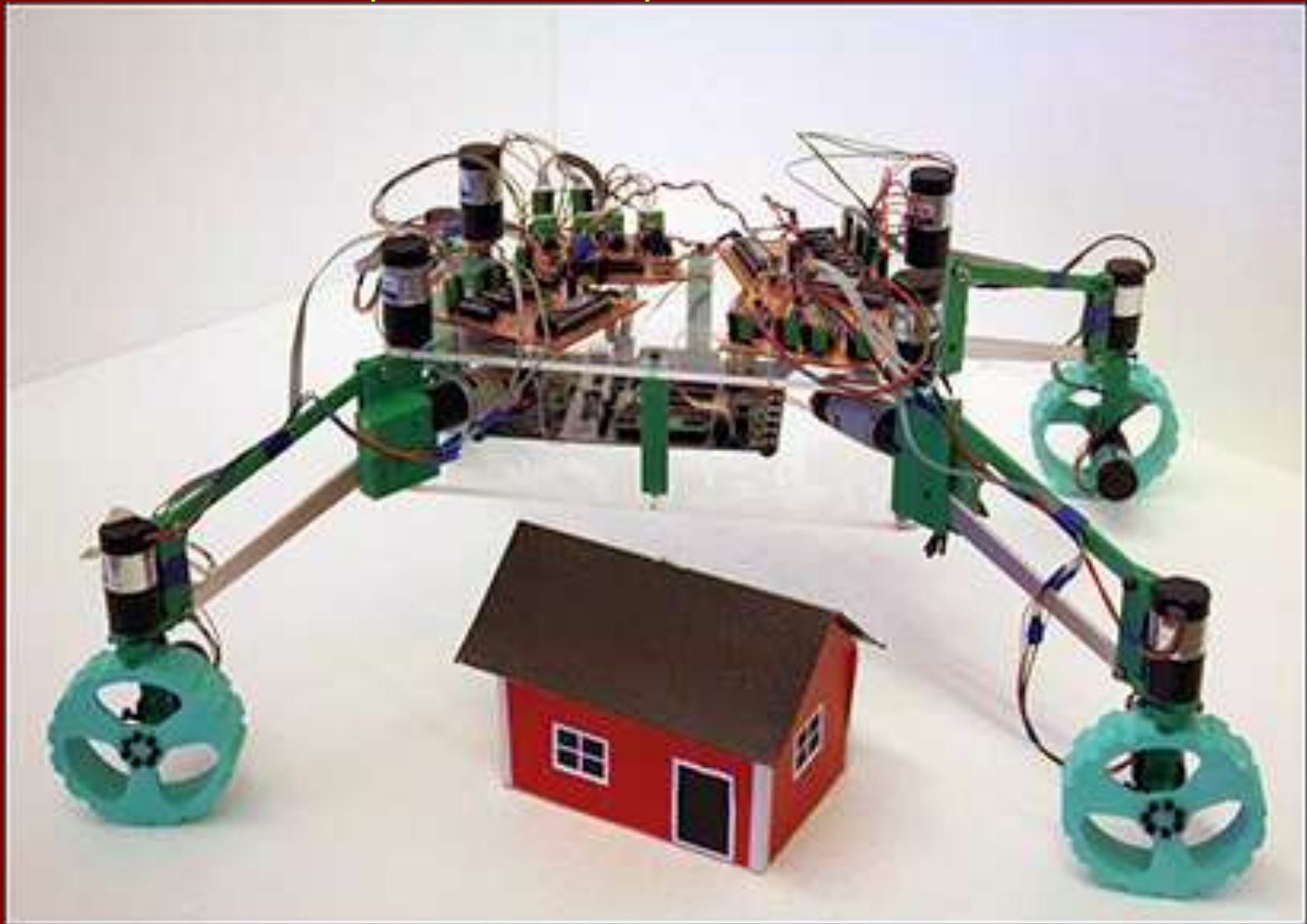
(для 12 В – 40 кА-часов)

Серебр/цинк/аккумуляторы: ~100 Вт·ч/кг

Робот 15 *m* и ~5 *m* - аккумуляторы!

Первый дом на Луне построит робот

<http://science.compulenta.ru/415914>



Модель робота Roopy и лунного коттеджа

(Шведский научно-исследовательский совет)

Энергетика подъёма грузов

При создании рабочей мощности бортовой энергетики лунных роботов, равной 60 кВт , и при высоте обслуживания груза, равной $h=3 \text{ м}$ для подъёма на эту высоту груза с массой 30 т - или лунным весом 5 лт ($\sim 15 \cdot 10^4 \text{ Дж}$) потребуется время

$$T_{30} = 15 \cdot 10^4 \cdot 3 / (60 \cdot 10^3) \approx 2,5 \text{ с.}$$

Удельные энергозатраты подъёма грузов на Луне, отнесённые к располагаемой мощности, массе груза и высоте подъёма $h \text{ [м]}$, равны:

$$W_{\text{гр}} = 1,7 \text{ [(кВт·сек)/(кг·м)]}$$

Отсюда => установочные параметры и времена выполнения работ по поднятию грузов..

Например, при рабочей мощности 1 кВт для подъёма 30 т груза на высоту 3 м (150 кДж) потребуется 150 сек (2.5 мин).

Ускорение сопротивления движению

Интересно отметить, что время 3,75 сек, необходимое для подъёма на 3м массы 45т, в 3,75 раз больше времени горизонтального перемещения такой же массы с теми же энергозатратами на то же расстояние ($3\text{м}/2,8\text{м/с}=1,07\text{с}$).

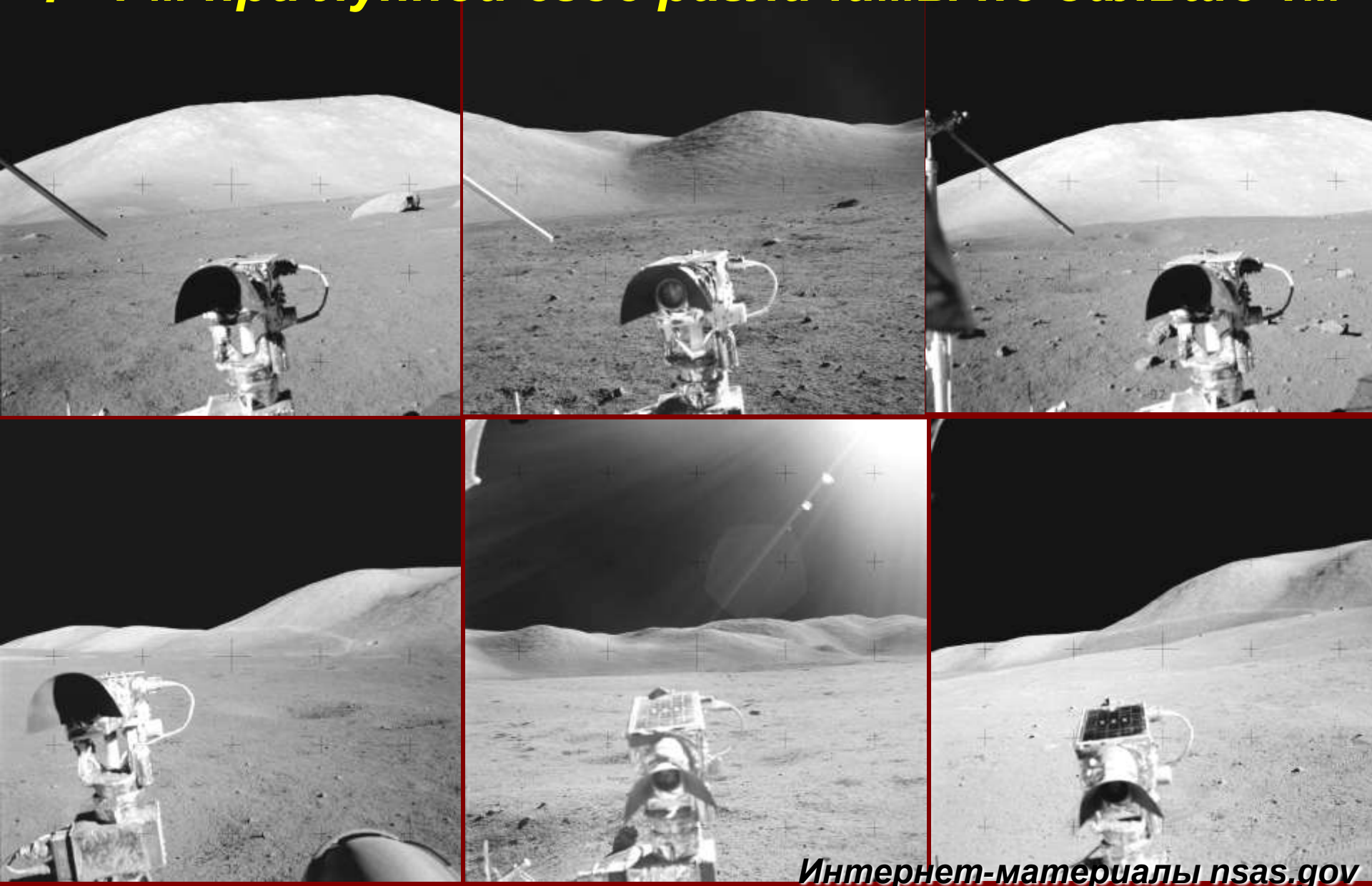
Отсюда следует, что
суммарное ускорение от сил сопротивления
движению американского ровера
на скорости 10 км/ч
(с учётом сопротивления грунта и сил трения
в трансмиссии с амортизаторами)
примерно в 4 раза меньше
ускорения сил тяжести на Луне.

**Итак, для перевозки 30 т
груза со скоростью 10 км/час потребуется робот
массой более 15 т
и мощностью 60 кВт
(5 т — вес аккумуляторов,
поэтому для
постоянных маршрутов
более целесообразен
вариант троллейбуса).**

4.

**Проблемы
систем управления
роботов на Луне**

По сообщениям водителей ровера кратеры с $\Phi \sim 1$ м при лунной езде различимы не дальше 1 м



В лунной робототехнике возникают сложные задачи управления

- при езде по Луне**
- при создании и обслуживании СБ и ЭИК**
- при заправке лунных ракет**
- при ремонте оборудования**
- при добыче информации**
- при добыче ильменита**

Супервизорная реализация

По целому ряду причин (запаздывание управления, области невидимости на Луне, большая длительность ряда операций, априорная неясность обстоятельств функционирования) лунные роботы должны будут принадлежать к классу дистанционно управляемых машин с супервизорным управлением.» — машин, способных автономно выполнять достаточно сложную программу операций, задаваемых редкими дистанционными командами оператора..

Супервизорные функции лунного грузовика:

- Функция назначенного движения с подсказкой и автоматическим объездом или торможением у препятствий движению В ПРЕДЕЛАХ <10 м. .
- Полуавтоматические операции стыковки с ИНТЕРФЕЙСНЫМИ СИСТЕМАМИ (2 типа) склада, топливного завода, жилого модуля и ракет.
- Функция супервизорного программно-траекторного управления работой бортового МАНИПУЛЯТОРА при погрузке-выгрузке груза.
- Стандартные функции лунной робототехники :
(контроль и поддержание
нужного состояния механизмов,
управление радиообменом данными
с центром управления лунной базы).



**Земная супервизорная система
2 м $\Rightarrow$ 400 тыс. км**

*Накладные расходы робототехники для Луны
(уточнённые данные)*

5.

**В каком количестве и
какие типы роботов
должны быть
разработаны
для лунной базы
?**

Роботы космодрома

- **Стартовые роботы – 3 типа, 2 комплекта**
(заправщик, стыковщик, наблюдатель с массой по 200 кг, мощностью 1 кВт) **6 (1,2 т, 6 кВт)**
 - **Грузовые роботы – 3 типа** (подвижный– 2 по 14 т, стационарный- 4 по 1,5 т, все по 2 кВт, грузовик- 2 по 45 т, 60 кВт) **8 (124т, 72кВт)**
 - **Роботы ретрансляторы – 2 типа, 2 комплекта**
(ЛБ, Земля - по 100 кг, 1 кВт) **2 (200 кг, 2 кВт)**
 - **2 робота энергомонтёра** **2 (200 кг, 2 кВт)**
 - **Роботы аккумуляторщики – 2 типа, 1 комплект**
(заряд, переустановка) **2 (200 кг, 2 кВт)**
 - **Роботы склада – 2 типа, 1 комплект**
(внутри, снаружи - по 500 кг, 2 кВт) **2 (1 т, 4 кВт)**
- Не менее чем 22 робота 13 типов (~ 130 т, 90 кВт)**

Строительные роботы

- Робот подвижный кран – **1 (15 *m*, 2 кВт)**
- Роботы манипуляторы (2 типа) – **2 (15 *m*, 2 кВт)**
- Роботы копатели (2 вида) – **2 (15 *m*, 60 кВт)**
- Робот бульдозер – **1 (10 *m*, 50 кВт)**
- Робот бурильщик – **1 (10 *m*, 2 кВт)**
- Робот молот – **1 (10 *m*, 2 кВт)**
- Робот крепильщик – **1 (1,5 *m*, 2 кВт)**
- Робот электросварщик – **1 (0,2 *m*, 1 кВт)**
- Робот транспортёр – **1 (20 *m*, 60 кВт)**
- Козловой подвижный робот – **1 (20 *m*, 60 кВт)**

Около 12 роботов 12 типов (~ 120 *m*, 240 кВт)

Роботы энергосистемы

- Роботы аккумуляторщики (2 вида)**
(заряд, переустановка) **2 (200 кг, 2 кВт)**
- **Робот кабельщик**
(прокладывание кабелей) **1 (5 т, 2 кВт)**
 - **Роботы контактеры**
(проверка, включение) **2 (200 кг, 2 кВт)**
 - **Козловой робот СБ** **2(40 т, 120кВт)**
 - **Роботы тестеры** **2(300 кг, 2 кВт)**
- Не менее 9 роботов 6 типов (~46 т, 130кВт)**

Сервисные роботы

- Роботы ретрансляторы **4 (400 кг, 4 кВт)**
 - Роботы ремонтёры (2 типа)
 - механики (3 типоразмера):
 - 2 больших - по 1,5 т, 2 кВт и
 - 2 средних - по 250 кг, 0,5 кВт
 - 2 малых - по 50 кг, 250 Вт **6 (3,6 т, 5,5 кВт)**
 - электрик **1 (100 кг, 1 кВт)**
 - Роботы наблюдатели (2 типоразмера)
 - 5 наружных — по 150 кг, 1 кВт
 - 2 внутренних - по 50 кг, 1 кВт **7 (0,85 т, 7 кВт)**
- Не менее 18 роботов 5 типов (~ 5 т, 17 кВт)**

Добывающие роботы с земной производительностью

- Робот бульдозер – 1 (10 *m*, 50 кВт)
- Робот экскаватор – 1 (10 *m*, 50 кВт)
- Робот риголитщик – 1 (10 *m*, 50 кВт)
- Робот грузовик – 3 (135 *m*, 180 кВт)

Около 6 роботов 4-х типов (~ 165 *m*, 330 кВт)

***Веса и энергопотребление могут быть сокращены
путём снижения производительности***

Лунный робот У.Уайттекера для возведения насыпи вокруг космодрома $G=150$ кг, $V=15$ см/сек, $140\text{м}^3/\text{мес}$

<http://roboting.ru/industry-robots/596-roboty-astrobotic-dlja-luny.html>



**U.S. Chamber of Commerce
Programmatic Workshop on
NASA Lunar Surface Systems Concepts**

Feb. 27, 2009



Суммарные параметры роботов ЛБ

Количество роботов (типов) (масса, мощность)

- **Космодром:** > 22 (13) роботов (~130 т, 90 кВт)
- **Строительство:** > 12 (12) роботов (~120 т, 240 кВт)
- **Энергосистема:** > 9 (6) роботов (~ 46 т, 130 кВт)
- **Сервис:** > 18 (5) роботов (~ 5 т, 17 кВт)
- **Добыча риголита:** > 6 (4) роботов (~135 т, 180 кВт)

Около 70 роботов, 40 типов (~440 т, 660 кВт)

а также -

**5 подразделений ЦУЛБ и 63 оператора для
дистанционного управления роботами ЛБ**

Итак, - около 440 т
добавочного грузопотока
потребуется для
доставки на Луну
70 роботов,
необходимых для
создания и обслуживания
долговременной лунной
базы.

6.

Чем лунные роботы
похожи и не похожи
на роботы Земли ?

*Новые виды активности и
новые типы роботов*

Виды активности лунных роботов

- Перемещение в пространстве.
- Супервизорное подчинение
- Информационная активность.
- *Энергообеспечение*
- *Супервизорное манипулирование.*
- *Самообеспечение всем необходимым.*
- *Самовосстановление .*

Виды активности лунных роботов

Энергообеспечение

лунной техники осложнено регулярным полумесячным отсутствием солнечной энергии при требованиях сохранения теплового режима и роботов, и всех элементов лунной базы.

Главные проблемы:

- Методы аккумуляирования солнечной энергии**
- Автономность и габариты источника энергии лунного робота**

Виды активности лунных роботов

Самообеспечение – главная особенность лунных роботов

В отличие от роботов на Земле роботы на Луне **сами** должны выполнять все действия, связанные с сохранением их правильного функционирования, – непрерывного контроля запаса энергопитания машин, температурного или шумового состояния их элементов, теплового режима, и реализации противоотказочной активности.

Виды активности лунных роботов

«Противоотказочная активность»

В процессе жизни любой машины регулярно должны выполняться работы по её техническому обслуживанию: смазке, очистке от грязи, проверке крепёжных соединений, замены изношенных частей.

На Луне возникает совокупность отсутствующих на Земле совершенно **новых операций робототехники: операций «гигиены и лечения роботов»**, т.е. регулярных операций поддержания состояния роботов (как и других машин) в рабочем состоянии.

В связи с этим на Луне должен существовать особый тип **«ремонтных роботов»**. .

Виды активности лунных роботов

«Гигиена машин» (как и человеческая гигиена)

заключается в строгом выполнении операций
проверки исправности их состояния.

Это прежде всего относится к
непрерывному контролю запаса
электропитания машин и температурного
или шумового состояния их элементов.

**Для этого в конструкции машин должны
быть предусмотрены необходимые
сенсоры, эффекторы и
программные режимы
для исправления нарушений состояния
по командам с Земли.**

Виды активности лунных роботов

Что здесь необычно?

- В конструкции лунных машин должны быть предусмотрены **новые методы крепежа,** для облегчения их ремонта по командам с Земли.
- В проектном анализе машин ЛБ **надо найти разумный баланс между объёмом телеметрической информации с порогами принятия решения о передаче сигналов на Землю и количеством автономных средств самодиагностики и самоуправления**

Новые типы роботов

- Тип «**Фискальных**» роботов (роботов-наблюдателей).
- Тип «**Ретрансляционных**» роботов.
- Тип «**Ремонтных**» роботов.

Новые типы роботов:

Класс «**Роботов наблюдателей**» с информационными функциями, обеспечивающими как получение и передачу видеоинформации, так и поддержание связи с центром управления на Луне по радиорелейной лунной сети передачи данных.

Функционально такие роботы должны обеспечить оператору на Земле возможность приблизиться и рассматривать в нужном масштабе изображения любого объекта на поверхности Луны или внутри помещений ЛБ.

Реализация такой «фискальной» функции возможна установкой на мобильном роботе нужного числа камер или многостепенного манипулятора с камерой.

Элементы для создания таких роботов на Земле уже имеются .

A photograph of the Lunar Information Module (LIM) on the Moon's surface. The module is a small, white, box-like structure with a large, circular dish antenna on top. It is positioned on a dark, rocky, and cratered lunar landscape. In the background, there are more craters and a hazy horizon. A large, dark, shadowed area is visible in the foreground, possibly a crater or a shadow from the camera.

***Лунный
информационный
модуль
(ВНИИТМ)***

Новые типы роботов:

Класс «Ретрансляционных» лунных роботов с супервизорными функциями подвижности, зрения, радионаведения и радиообмена.

Состав оборудования роботов должен поддерживать все типы радиоканалов с объектами на Луне и в космосе, с центром управления лунной базы и с центром управления на Земле.

Функционально такие роботы должны обеспечить оператору на Земле возможность доступа к любому объекту лунной базы вне зависимости от его радиовидимости центром управления лунной базы.

Опыт создания таких роботов на Земле уже имеется (МГТУ)

Такую антенну надо направить на Землю



Интернет-материалы nasa.gov

Новые типы роботов:

Класс «Ремонтных» лунных роботов с супервизорными функциями подвижности, зрения и инструментального манипулирования.

Состав роботов должен поддерживать все типы ремонтных действий – от слесарных до паяльных.

Типоразмерный ряд таких роботов и их набор инструментов отвечает типоразмерному ряду лунных роботов и систем лунной базы (3..5 типоразмеров).

Функционально такие роботы должны обеспечить оператору на Земле возможность рассматривать в нужном масштабе детали любого ремонтируемого объекта и выполнять с ними операции демонтажа и монтажа.

Опыт создания таких роботов на Земле отсутствует !

Вывод I: Большая размерность задач

**В лунной
робототехнике
задачам
механики
сопутствуют задачи
с миллиметровой
размерностью.**

**Нужно создать ряд
из 40 типоразмеров
роботов**



Вывод II: *Большая необычность задач*

**Для лунной
робототехники
должны быть
созданы
новые типы
роботов
и новые типы их
элементной базы и
энергообеспечения**



ВыводIII: *Большая длительность задач*

**Вся лунная
техника должна
проектироваться
с учётом
супервизорной
реализации её
ремонта
руками оператора
на Земле ...**



7.

***Интернет-примеры
разработок
лунных роботов***

Двигатели для Луны

<http://www.novosti-kosmonavtiki.ru/phpBB2/viewtopic.php?t=2080&sid=eaad179d53be3ace29d4f7be575e5cf7>

ATHLETE (All-Terrain Hex-Legged Extra-Terrestrial Explorer)
(7.5м x 7,5м x 6м)





Двигатели для Луны

<http://www.membrana.ru/lenta/?8025>



Двигатели для Луны

<http://www.membrana.ru/lenta/?805>

Проект подвижной лунной базы NASA



Лунные колёса



Роботы для Луны (Китай)

http://nnm.ru/blogs/irkinn/v_kitae_predstavlen_prototip_novogo_lunohoda/

**Колёса
Лунохода** ⇒



Китайский робот для Луны



Китайский робот для Луны



Японские роботы заселят лунную базу к 2025 г

<http://www.cyberstyle.ru/newsline/view/5054> и <http://www.membrana.ru/lenta/?4770>



8.

Стоимость лунной базы

Оценки стоимости лунной базы

По одному из вариантов расчета стоимость первоначальных разработок может составить 16,5 млрд. долл., а собственно создания базы — 35,6 млрд. долл.

Согласно другой версии общие затраты будут от 70 до 90 млрд. долл. (оценка 1991г).

Однако в 2009 г. оценка бюджета проекта Орион составила 100 млрд. долл. на 10 лет (по имеющимся данным сейчас финансирование ОКР прекращено, но финансирование НИР продолжается).

В этих оценках нет учёта стоимости робототехники лунной базы

**Лунная база –
серьёзный вызов для
мировой и
отечественной
робототехники.**

**Робототехники всех
стран – объединяйтесь!**

Использованные источники:

- Головачев В. Пора строить заводы на Луне.
<http://www.trud.ru/issue/article.php?id=200612122300601>
- Criswell D.R., Waldron R.D. Lunar system to supply solar electric power to Earth. 25-th IECEC. Nevada. aug. 12 – 17/ 1990.
- Шевченко В. В. Лунная база. — М.: Знание, 1991. — 64 с., ил. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Космонавтика, астрономия»: № 6).
- А.Г.Сизенцев, В.В.Шевченко, В.Ф.Семенов, Г.М.Байдал
http://crydee.sai.msu.ru/Universe_and_us/3num/V3pap13.htm Landic G.A. Materials for solar array production on the Moon. Ohio Aerospace Institute Research Center. 1994.
- ж. Техника молодёжи № 9 за 1999
- Еськов Ю.М. Экологически чистая мировая электроэнергетика и космонавтика. Материалы международной конференции «Наука и будущее: идеи, которые изменят мир» Москва, 14–16 апреля 2004г. стр. 76
http://www.paleo.ru/download/Yu_M_Eskov_Energetika_and_kosmonavtika_2004.pdf
- Еськов Ю.М. Экологически чистая мировая электроэнергетика и космонавтика в XXI веке. М. (издание автора), отпечатано в ИСЭМ СО РАН), 2005, 144с.
- Еськов Ю.М. Солнечные микроволновые станции для энергоснабжения планеты. 17 стр. 6 рис., 2006г. (Личное сообщение)
- Гольдовский Д. Космические исследования, выполненные в Советском Союзе в 1972 г.
<http://epizodsspace.testpilot.ru/bibl/ejeg/1973/73.html>
- Бахвалов Ю.С., С.А.Петоровский, Каменщиков В.П. и др. Разработка предложений по техническому облику лунной орбитальной станции и лунной базы. Материалы XXXII академических чтений по космонавтике. Москва, янв. – февр. 2008г. Стр.61-62.
- Черток Б.Е. Космонавтика в XXI веке. Материалы XXXIII академических чтений по космонавтике. Москва, январь. 2009г. Стр.8-24.
- Перминов А.И., Давыдов В.А., Макаров Ю.Н., Райкунов Г.Г. Космическая деятельность России. Состояние и перспективы. Материалы XXXIII академических чтений по космонавтике. Москва, январь. 2009г. Стр.3-8.
- Коваль С.Д. Анализ вариантов транспортной системы «Земля-Луна-Земля» для обслуживания лунных баз. Материалы XXXII академических чтений по космонавтике. Москва, янв. – февр. 2008г. Стр.246-247..