

# Организация связи в МП

---

Схема организации радиосвязи.....	1
1. Теоретическая часть .....	2
1.1. Выбор частоты приема-передачи.....	2
1.2. Выбор $\alpha$ и определение эффективной полосы передатчика $\Delta\nu$ .....	3
1.3. Определение параметров антенны.....	4
1.4. Требования к точности наведения параболических антенн.....	4
1.5. Мощность передатчика.....	4
Расчетная часть.....	5
Выводы.....	5
Литература.....	6

## Схема организации радиосвязи

Система связи должна обеспечить надежную, достаточно информативную связь между Землей и эскадрой МК, между МК на всех этапах полета. Предлагается следующая схема организации связи.

1. Приемо-передачу информации по радиолинии эскадра МК - Солнечная система ведет станция связи на гелиоцентрической орбите - Станция межзвездной связи (СМС).

2. На втором конце этой линии находится базовый МК (БМК), который обеспечивает связь с СМС и ретрансляцию полученных данной информации на другие МК.

3. Обеспечивается радиосвязь по линии МК-МК.

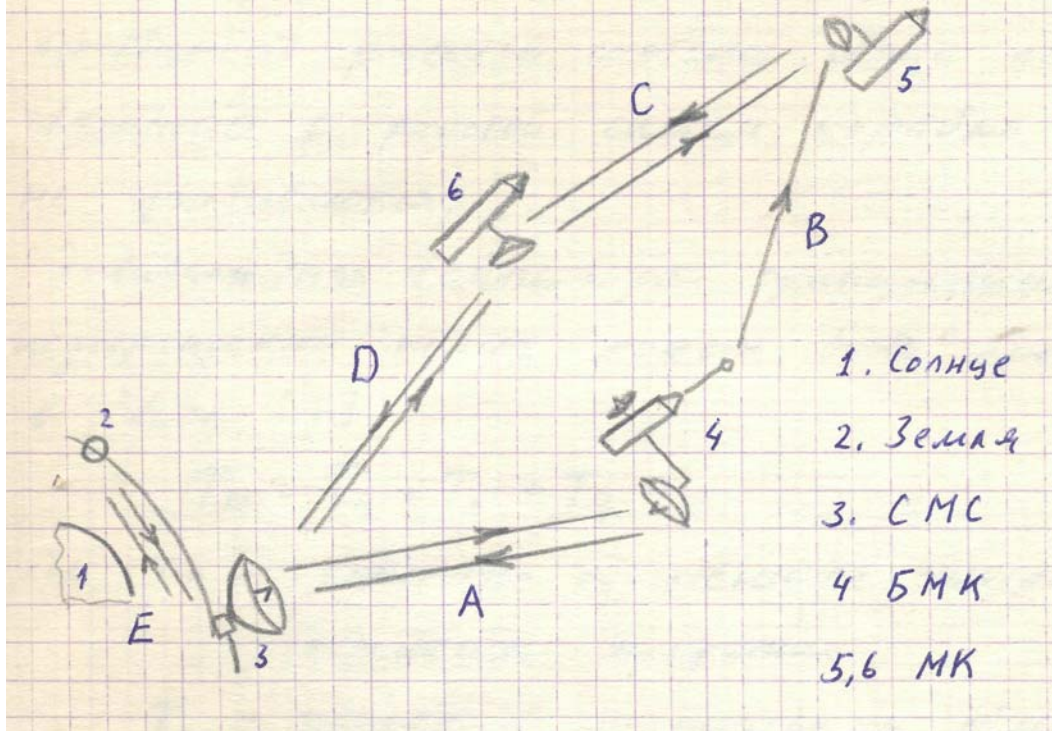
4. Для повышения безопасности полета обеспечивается возможность создания линии "МК (любой) - СМС" с небольшой скоростью передачи информации.

5. Радиолиния "СМС - Земля" здесь не рассматривается из-за сравнительной простоты ее создания.

Схема организации радиосвязи представлена на рис.1

рис 1

Схема организации радиосвязи



- A. Радиолиния "СМС-БМК-СМС"
- B. Радиолиния "БМК-МК"
- C. Радиолиния " МК-МК"
- D. Радиолиния "МК-СМС-МК"
- E. Радиолиния "СМС-Земля-СМС"

Будем считать, что радиолинии А, В и С должны обеспечивать информативность  $10^8$  бит/с (5 TV каналов в реальном масштабе времени), а радиолиния D -  $10^6$  бит/с (5 каналов речевой связи).

## 1. Теоретическая часть

### 1.1. Выбор частоты приема-передачи.

Поскольку важно показать принципиальную осуществимость развитой системы связи, помехи, связанные с работой систем корабля здесь не учитываются.

Эквивалентная температура принципиально неустранимых помех может быть представлена в виде [1]:

$$T_N = T_n + T_t + T_q \quad (1)$$

где:

$T_n$  - температура, обусловленная синхротронным космическим излучением;

$T_t$  - температура, обусловленная тепловым излучением;

$T_q$  - температура, обусловленная квантовыми флуктуациями.

$$T_q = hv/k \quad (2)$$

В диске нашей Галактики [1] ( $\pm 50^\circ$  по долготе)

$$T_N = 2 \cdot 10^{17} v^{-2,9} + 10^{19} v^{-2} + 4,8 \cdot 10^{11} v \quad (3)$$

В [1] и в ряде других работ указывается, что оптимальная длина волны линий межзвездной связи  $\lambda = 10^{-1}$  м, что соответствует частоте  $\nu = 3 \cdot 10^9$  Гц. Эта частота и выбирается рабочей. В этом случае:

$$T_N = 0,657 + 1,111 + 0,144 \approx 2 \text{ }^\circ\text{K} \quad (4)$$

В дальнейшем для надежности будем считать  $T_N = 10^\circ \text{K}$ .

Итак, принимаем:

$$\lambda = 10^{-1} \text{ м}, T_N = 10 \text{ }^\circ\text{K}.$$

## 1.2. Выбор $\alpha$ и определение эффективной полосы передатчика $\Delta \nu$

$$\alpha = F_\nu A_z / k T_N, \quad (5)$$

где:

$F_\nu$  - поток излучения в единичном интервале частот в точке приема;

$A_z$  - поток излучения в единичном интервале частот в точке приема.

Для того, чтобы обеспечить надежный прием выбираем  $\alpha = 127$  [2]. Вообще говоря, надежный прием обеспечивает  $\alpha > 1$ .

Скорость приема передачи определяется следующим соотношением [1], [2]:

$$R \approx \Delta \nu \log_2 (1 + \alpha) \quad (6)$$

или (в нашем случае):

$$\Delta \nu = R/7 \quad (7)$$

### 1.3. Определение параметров антенны.

- a) антенна СМС  $R = 10^4$  м,  $A_1 = 3,14 \cdot 10^8$  м<sup>2</sup>.
- b) приемо-передающая антенна БМК  $R = 10^2$  м,  $A_2 = 3,14 \cdot 10^4$  м<sup>2</sup>.
- c) всенаправленная передающая антенна БМК:

$$A_1 = (1/4\pi)/\lambda^2 = 0,796 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (8)$$

- d) Антенна радиолинии "МК-МК" и радиолинии "D":

$$R = 10 \text{ м}, A_1 = 3,14 \cdot 10^2 \text{ м}^2$$

Считается, что эффективная площадь параболических антенн близка к их геометрической.

Реальность создания таких антенн подтверждается в [3].

### 1.4. Требования к точности наведения параболических антенн.

Ширина луча для параболических антенн круглого сечения определяется из выражения:

$$\sin(\varphi) = 1,26 \lambda/D$$

Определим требуемую точность наведения для:

- a) антенна СМС

$$\varphi = \arcsin (1,26 \cdot 10^{-1}/2 \cdot 10^4) = 6 \cdot 10^{-6} \text{ рад} \approx 1,2'' \quad (9)$$

- b) антенна БМК

$$\varphi = \arcsin (1,26 \cdot 10^{-1}/2 \cdot 10^2) \approx 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ рад} \approx 2,15' \quad (10)$$

- c) антенна МК

$$\varphi = \arcsin (1,26 \cdot 10^{-1}/2 \cdot 10) \approx 0,36^\circ \quad (11)$$

То есть сложную задачу будет представлять только наведения СМС.

### 1.5. Мощность передатчика.

Мощность передатчика определяется [1] как:

$$P_{\Pi} = (\alpha \lambda^2 r^2 \Delta v k T_N)/(A_1 \cdot A_2) \quad (12)$$

Где:

$r$  - расстояние передачи.

Для сравнения проведем расчет по формуле:

$$P_{\Pi} = (K/10^{20})(r/\lambda)^2(\lambda/D_{\Pi})^2(\lambda/D_{\Pi p})^2 \quad (13)$$

для радиолинии А.

В этой формулу сильно занижены возможности приема (Н-р,  $T_N$  принимается в 290°К)

### Расчетная часть

Принятые и рассчитанные параметры радиолиний сведены в Табл.1.

Табл.1.

Радиолиния	$r$	$R$	$A_{\Pi}$	$A_{\Pi p}$	$\Delta v$	$P_{\Pi}$
	м	бит/с	м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	Гц	Вт
"А"	$4 \cdot 10^{16}$	$10^8$	$3,14 \cdot 10^8$	$3,14 \cdot 10^4$	$1,43 \cdot 10^{11}$	$4,1 \cdot 10^5$
"В"	$10^9$	$10^8$	$0,796 \cdot 10^{-3}$	$3,14 \cdot 10^2$	$1,43 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^4$
"С"	$10^9$	$10^8$	$3,14 \cdot 10^2$	$3,14 \cdot 10^2$	$1,43 \cdot 10^7$	250
"D"	$4 \cdot 10^{16}$	$10^6$	$3,14 \cdot 10^2$	$3,14 \cdot 10^8$	$1,43 \cdot 10^5$	4100

Отсюда следует, что БМК должен быть оснащен передатчиком с потребляемой энергией примерно 1 МВт, а МК - 20 кВт.

Пользуясь материалом [3] можно ориентировочно оценить вес антенной системы:

a)	Антенна СМС	100 тыс. тонн
b)	Большая антенна БМК	10 тонн
c)	Антенна МК	0,1 тонны

При получении данных о весе приемо-передающей аппаратуры размеры антенн могут быть увеличены с целью минимизации общего веса системы связи.

Мощность радиопередатчика радиолинии "А" по формуле (13):

$$P_{\Pi} = 5,5 \cdot 10^7 \text{ Вт.}$$

### Выводы

1. С небольшими запасами массы и энергии можно обеспечить достаточно высокоинформативную связь в МП.

2. Следует сравнить реальные системы дальней связи с описанной с целью подтверждения правильности выбранных параметров.

3. Дальнейшее направление работы в этой области - рассмотрение всей системы связи (масса передатчиков, приемников и т.п.) и учет влияния помех от работы КС.

## Литература

1. "Передача информации внеземным цивилизациям" Кардашев М.С. в кн. "Внеземные цивилизации". Труды совещания 20-23.05.64 г., Ереван, 1965.
2. "Введение в астронавтику", т.2. Руппе, Москва, 1971.
3. "За горизонт Вселенной", Р.Скворень "Наука и жизнь", №6, 1978.

*И.Моисеев*

МП15-02-Р(Р)[7]12.12.78