

## Организация связи в МП

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).

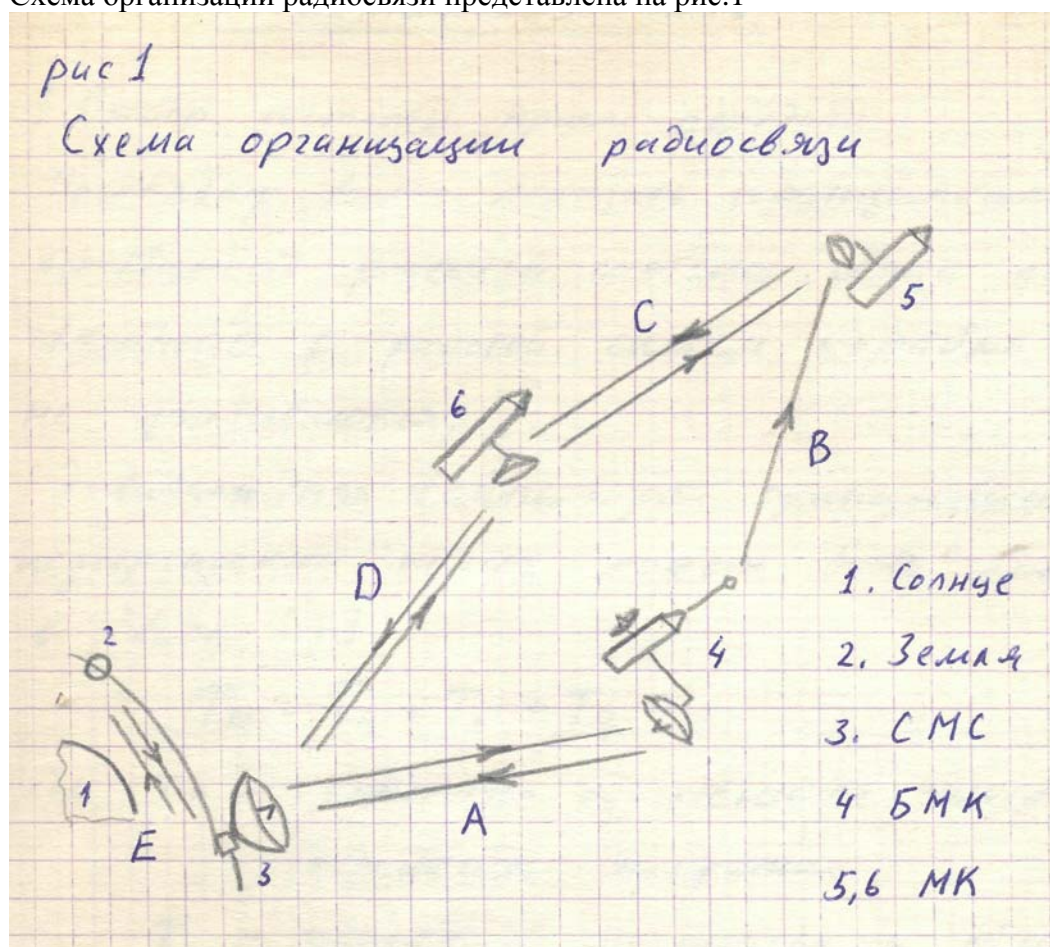
2. На втором конце этой линии находится базовый МК (БМК), который обеспечивает связь с СМС и ретрансляцию полученных данной информации на другие МК.

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



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 ТВ каналов в реальном масштабе времени), а радиолиния D  $10^6$  бит/с (5 каналов речевой связи).

## Теоретическая часть

### 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,

$T_t$  - " - тепловым излучением,

$T_q = h \nu / k$  - " - квантовыми флуктуациями. (2)

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

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

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:

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

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

Итак, принимаем:

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

### 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):

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

### 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>.
- с) всенаправленная передающая антенна БМК:  
(не понятно)
- 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].

#### 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

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

b) антенна БМК

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

с) 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.

#### 5. Мощность передатчика.

Мощность передатчика определяется [1] как:

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

где  $r$  - расстояние передачи.

Для сравнения проведем расчет по формуле:

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

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	$r$	$R$	$A_{\text{п}}$	$A_{\text{пр}}$	$\Delta v$	$P_{\text{п}}$
	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"	$10^9$	$10^8$	?	$3,14 \cdot 10^2$	$1,43 \cdot 10^7$	$1,0 \cdot 10^4$
"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:

а) Антенна СМС 100 тыс. тонн.

б) Большая антенна БМК 10 тонн .

с) 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):

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

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", 1978.

(см. приложение.)