

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

Горьковский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский радиопизический институт (НИРФИ)

Препринт № 193

РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕНН
(Алгоритмы управления измерениями и вычисления характеристик)

Часть II

В. В. Снегирева
Д. И. Белов
Н. А. Дугин
О. А. Зорина
В. И. Турчин

Горький 1985

УДК 621.396.67

Рассмотрены алгоритмы, описывающие порядок действий и вычислений при радиоастрономических измерениях характеристик антенн: коэффициентов усиления и полезного действия, диаграммы направленности, разьостировки. Разработано частичное тестирование алгоритмов.

Валерия Викторовна Святарева
Юрий Иванович Белов
Николай Александрович Дугин
Ольга Аркадьевна Зорина
Виктор Игоревич Турчин

РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕНН
(алгоритмы управления измерениями и вычисления характеристик)

Часть 2

Подписано в печать 08.07.85 г. МШ 02762. Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Печать офсетная. Объем 2,68 усл. печ. л.
Тираж 120. Заказ 4161. Бесплатно.

Отпечатано на ротационной НИРФИ

6. ВЫБОР УСИЛЕНИЯ РДМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ СИГНАЛА ИСТОЧНИКА В ПРЕДЕЛАХ ГЛАВНОГО ЛЕПЕСТКА ДН

Антенна наводится на источник и в дальнейшем эта область сопровождается, т.е. выполняется:

1. Наведение на область (САУ, СМНХ).
2. Сопровождение области (САУ, СМНХ), где в данных о координатах области указывается и разьестировка.
3. Одновременно с сопровождением проводится подбор нужной шкалы для измерений, в данном случае - источника, находящегося в максимуме ДН антенны. Для этого выполняется описанная в п. 2 процедура "Выбор усиления РДМ" для следующих входных параметров:

а) данные, характеризующие начальное состояние РДМ - устанавливается состояние, которое обозначим " $R_{ист}$ (ПЧ. П) ":

- коммутация входа (антенный тракт (БХ)),
- фаза модуляции (Φ^+),
- состояние ПШ (выкл.),
- подшумливание (установлено согласно коду, определено в п. 5),
- ослабление (положение переключателей ПЧ_и, П_и (ИП));

б) число замеров P_2 , интервал Δt ;

в) $A = A_m$, $B = B_m$.

Результирующие параметры ПЧ_и^{нов}, П_и^{нов} - будут в дальнейшем определять состояние РДМ для измерений сигнала источника и главного лепестка ДН " $R_{ист}^{max}$ ".

Если значения ПЧ_и^{нов}, П_и^{нов} отличаются от исходных, предусмотрена их индикация на АЦД. Состояние " $R_{ист}^{max}$ " определяется один раз. Повторный выбор усиления - только при возобновлении измерений после прекращения помехи (см. "Сбойная ситуация").

4. Проверка отсутствия помехи.

Проверяется условие $WП < 0,3$, где

$$WП \approx \left| \frac{\hat{\Delta}_и^2}{\frac{\Delta^2}{2}} - 1 \right|$$

$\tilde{\Delta}_i = \Delta_i \cdot \gamma$ ($P_{i,нов}$, $P_{i,нов}$) - приведенное к одному усилению результирующее данное п. 3. $\tilde{\Delta}_2$ - результат последней тепловой калибровки. Если условие отсутствия помехи не выполняется - индикация наличия помехи и т.д. (подробнее см. "Сбойная ситуация").

7. ИЗМЕРЕНИЕ ПРИРАЩЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ РДМ "ИСТОЧНИК - СПОРНАЯ ОБЛАСТЬ"

$\Delta U_{ист}^{max}$ - приращение показаний РДМ при наведении антенны на источник по сравнению с уровнем сигнала при наведении на опорную область.

Внешние устройства РДМ, ТМ, СИНХ, САУ.

Порядок действий:

1. Измерение уровня сигнала опорной области.
2. Измерение уровня сигнала источника.
3. Считывание показаний синхронметра (для определения времени измерения сигнала источника D_l и $t_{ист}(D_l)$).

Процедуры 1 - 3 повторяют L раз, последней выполняется п. 1.

Каждая из процедур 1 - 2 состоит из следующих этапов:

- а) наведение на область неба (САУ, СИНХ),
- б) сопровождение области неба (САУ, СИНХ),
- в) измерение сигнала (РДМ, ТМ),

причем пп. б) и в) выполняются одновременно.

Во входных данных для наведения и сопровождения указывается, кроме общей части (режим САУ, шифр и координаты используемого источника, $\alpha_{max}, \beta_{max}$), следующие величины $\Delta\alpha_{обл}, \Delta\beta_{обл}$:

$\Delta\alpha_{обл} = \Delta\beta_{обл} = \dot{t}_{обл} = 0$ - для источника,
 $\Delta\beta_{обл} = \dot{t}_{обл} = 0; \Delta\alpha_{обл} = (-1)^l \theta_m$ ($l = 1, 2, \dots, L + 1$) - для опорной области.

"Измерение сигнала" проводят при одном и том же состоянии РДМ

$R_{ист}^{max} = R_{ист}^{нов}$ ($P_{i,нов}$, $P_{i,нов}$) (определяется в разд. 6).

Количество выборок при измерении среднего уровня сигнала - P_2 ($P_2 = P_1$ при измерениях по Солнцу), интервал между выборками Δt .

Результатом измерений пп. 1, 2 являются массивы значений выходного сигнала РДМ u_j ; [$1: P_2$] $j = 1, 2, \dots, (2L + 1)$, где номера $j = 2L - 1$ ($l = 1, 2, \dots, L + 1$) - соответствуют опорной области, $j = 2$ ($l = 1, 2, \dots, L$) - измерениям источника.

4. Статистическая обработка данных измерений - вычисление средних

значений сигналов и их среднеквадратичных отклонений U_j, Δ_j .

5. Тепловая калибровка РДМ.

6. Проверка отсутствия дрейфа усиления РДМ.

7. Проверка результатов измерений на отсутствие помехи.

$W\Pi_j \leq 0,3$, где $W\Pi_j = |\bar{\Delta}_j^2 / \bar{\Delta}_2^2 - 1|$, $\bar{\Delta}_j, \bar{\Delta}$ - приведенные к одному усилению РДМ среднеквадратичные отклонения уровней сигналов на выходе РДМ при коммутации его входа соответственно на антенный тракт $\bar{\Delta}_j$ и ОН ($\bar{\Delta}_2 = \bar{\Delta}_2^2$ - результат последней тепловой калибровки, либо $\bar{\Delta}_2^2 = 1/2 (\bar{\Delta}_j^2 + \bar{\Delta}_2^2)$ - среднее по двум тепловым калибровкам).

В случае невыполнения условия на $W\Pi_j$ для какого-либо j производится индикация значений j (АЦД), для которых это условие не выполняется, и значений $W\Pi_j$; повторяют (еще один раз) измерения и обработку (п. 1 - 7). Если условие отсутствия помехи не выполняется и для повторно проведенных измерений - индикация наличия сбоя и т.д. (подробнее см. "Сбойная ситуация").

8. Вычисление $\Delta U_{ист}^{max}$ и КУ антенны.

$$a) \Delta U_{ист}^{max} = \left(\frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \Delta U_{ист} [l] \right) \gamma_{ист}, \text{ где}$$

$$\Delta U_{ист} [l] = \left[U_{2l} - \frac{1}{2} (U_{2l-1} + U_{2l+1}) \right] e^{\delta_{ист}},$$

$$\gamma_{ист} = \gamma (ПЧ_{и}^{нов}, П_{и}^{нов}),$$

$$\gamma_{ист} = \frac{\Gamma_0}{4,34} \operatorname{cosec} h_{ист} (D_l),$$

б) проверка условия $\Delta U_{ист}^{max} > 0$ (иначе - сбой "Ненаведение на источник"),

$$в) \Delta T_a^{ист} = \Delta U_{ист}^{max} \frac{TK_1 + TK_2}{2},$$

$TK_{1,2}$ - результаты двух тепловых калибровок (до и после измерений п. 7),

г) вычисление отношения $\Delta U_{ист}^{max} / \Delta U_{га}^{max} = C$; или C_m .

Дальнейшие вычисления п. 8 проводятся только для звездного источника:

$$G [m] = C_{ист} \Delta T_a^{ист}$$

$$\delta G [m] = \frac{2\bar{\Delta}_{2L}}{\sqrt{L} \Delta U_{\text{ист}}^{\max}},$$

$$\bar{G} = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^m G [n],$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{m(m-1)} \left\{ \sum_{n=1}^m (G[n] - \bar{G})^2 \right\}, \quad m > 1,$$

если $m > 1$, то $\delta_G = \frac{\sigma}{\bar{G}} \cdot 100$, $\delta_{G_0} = 10 \lg \sqrt{\sigma^2}$,

если $m = 1$, то $\delta_G = \delta G [1] \cdot 100$, $\delta_{G_0} = 10 \lg (\delta G [1] \cdot G [1])$,

$\sigma_{\text{эфф}} = \bar{G} \cdot G_0$, $\text{КП} = \sigma_{\text{эфф}} / \sigma_{\text{геом}}$, $G_0 = 10 \lg \bar{G}$,

m здесь — число измеренных значений,

$$U_{\text{от}} = \frac{1}{L+1} \sum_{l=1}^{L+1} U_{2l-1}.$$

— вычисление среднего уровня сигнала опорной области.

8. ИЗМЕРЕНИЕ "НУЛЕЙ" ДН

На данном этапе эксперимента измеряются средние уровни сигналов на выходе РДМ при различном ослаблении выхода (ПЧ и ПЧ) и сопровождении антенной опорной области $00_1^{\text{сеч}}$ (разд. 8 до измерений сечения ДН) или опорной области $00_2^{\text{сеч}}$ (разд. II после измерения сечения ДН) и коммутации входа РДМ на антенный тракт, т.е. выполняются следующие процедуры:

а) наведение на область (САУ, СИХ);

б) сопровождение области (САУ, СИХ), где во входных данных указываются данные о координатах источника, разъюстировке ($\alpha_{\text{сеч}}^{\max}$, $\beta_{\text{сеч}}^{\max}$), данные об опорной области ($\Delta\beta_{\text{обл}} = \beta_{\text{сеч}} - \beta_{\text{оп } 1,2}$; $\Delta\alpha_{\text{обл}} = \alpha_{\text{оп } 1,2}$ либо $\Delta\alpha_{\text{обл}} = \alpha_{\text{сеч}} - \alpha_{\text{оп } 1,2}$; $\Delta\beta_{\text{обл}} = \beta_{\text{оп } 1,2}$);

в) одновременно с сопровождением опорной области проводится измерение уровней сигнала на выходе РДМ при различном его состоянии: $R_{\text{ист}}$ (ПЧ, П), где ПЧ и П — меняются, т.е. несколько раз выполняется процедура "Измерение сигнала".

Измерения начинают с наибольшего ослабления $R_{\text{ист}}^{\max} = R_{\text{ист}}^{\text{нов.}}$

$P_{и}^{нов}$), убавляя по 5 + 10 дБ ($D_0 = 5 + 10$), сначала по НЧ (до 0 дБ), затем по ПЧ (дискрет изменения ослабления по ПЧ убавить на 20 дБ, добавив 15 дБ в НЧ, чтобы общее ослабление менялось на 40 дБ каждый раз). Переключения состояния РДМ (ослаблений) проводят до появления "зашкалов" или до общего ослабления 0 дБ. Значения ПЧ₀, П₀, после переключения с которых отмечено появление "зашкалов", записывают. С этих значений ослабления в дальнейшем начинают измерение сечения ДН ("Выбор усиления для начальной точки сечения" - разд. 9). Индикация значений ослабления, соответствующих ПЧ₀, П₀ (в дБ);

г) статистическая обработка данных измерений: определение средних уровней "нулей" ДН $U_{01}(ПЧ_j, П_j)$ или $U_{02}(ПЧ_j, П_j)$ и их среднеквадратичных отклонений Δ_j для состояний РДМ $R_{ист}(ПЧ_j, П_j)$, где $(ПЧ_j, П_j) = (ПЧ_{и}^{нов}, П_{и}^{нов}), \dots, (ПЧ_0, П_0)$;

д) проверка отсутствия помехи: для каждого из измеренных уровней проверяется условие $WП_j \leq 0,3$, где

$$WП_j = \left| \tilde{\Delta}_j^2 / \tilde{\Delta}^2 - 1 \right|,$$

$\tilde{\Delta}$ - результат последней тепловой калибровки, $\tilde{\Delta}_j$ - приведенные к одному усилению среднеквадратичные отклонения Δ_j ; $\tilde{\Delta}_j = \Delta_j \cdot \gamma(ПЧ_j, П_j)$.

Если условие отсутствия помехи не выполняется - повторить п. (в) еще один раз. При появлении помехи в повторных измерениях - переход к п. "Сбойная ситуация".

Примечание. При обработке данных методом параметрического оценивания не требуется измерение "нулей" ДН. Если измерение сечения ДН проводится при одном состоянии РДМ, нулевой уровень измеряется только при этом состоянии РДМ.

9. ВЫБОР УСИЛЕНИЯ РДМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ ДН

Данный пункт программы выполняется полностью только при измерении сечений ДН в пределах, включающих боковые лепестки ДН ($ШК \geq 2$). Измерение ДН в пределах главного лепестка ($\theta_{изм} = (2 + 3) \Delta F_{0,5}^{(анр)}$) проводится при одном состоянии РДМ $R = R_{ист}^{ток}$ ($ШК = 1$).

Порядок действий - как в разд. 6:

1. Наведение на область неба (САУ, СМНХ),
2. Сопровождение области неба (САУ, СМНХ).

В данных о координатах области указывается

$\Delta\beta_{\text{обл}} = \beta_{\text{нач}_i} - \beta_{\text{кон}_i}$, $\Delta\alpha_{\text{обл}} = \alpha_{\text{сеч}_i} - \alpha_{\text{кон}_i}$ - для угломестного сечения;

$\Delta\alpha_{\text{обл}} = \alpha_{\text{нач}_i} - \alpha_{\text{кон}_i}$, $\Delta\beta_{\text{обл}} = \beta_{\text{сеч}_i} - \beta_{\text{кон}_i}$ - для азимутального сечения; $t_{\text{обл}} = 0$, i - номер сечения;

$\Delta\beta_{\text{обл}} = \Delta\alpha_{\text{обл}} = 0$, $t_{\text{обл}} = t_0$ - для сечения по траектории.

3*) Одновременно с сопровождением проводится подбор шкалы для измерений начального участка ДН, т.е. процедура "Выбор усиления РДМ" для следующих входных параметров:

а) начальное состояние РДМ: $R_{\text{ист}} (ПЧ_0, П_0)$,

б) $P = P_2$ ($P_2 = P_1$ - для Солнца);

в) $A = A_0$, $B = B_0$.

Процедура проверки - как в разд. 6 (включая проверку отсутствия помех).

10. ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ДН

1. Исходное состояние:

САУ - антенна сопровождает начальную точку сечения;

РДМ - установка состояния, определенного в предыдущем п. 9 ($ШК \geq 2$), временная задержка (5τ), либо $R_{\text{ист}}^{\text{max}}$ ($ШК = 1$).

2. САУ переходит к "Ведению по траектории", одновременно снимаются замеры сигнала на выходе РДМ с временным интервалом (РДМ, ТМ), причем,

а) первый замер делается при ориентации антенны в начальную точку сечения,

б) для каждого замера фиксируется

- номер отсчета, или время замера D_p .

- α_{ip} , β_{ip} (либо потом вычисляются для моментов D_p по известным координатам начальной точки и времени первого замера в сечении).

Примечание. Достаточно зафиксировать координату по сечению ξ_{ip} , т.к.

$\beta_{ip} = \beta_{\text{нач}_i} = \beta_{\text{кон}_i} = \beta_{\text{сеч}_i}$, $\alpha_{ip} = \xi_{ip}$ - для азимутального сечения;

$\alpha_{ip} = \alpha_{\text{нач}_i} = \alpha_{\text{кон}_i} = \alpha_{\text{сеч}_i}$, $\beta_{ip} = \xi_{ip}$ - для угломестного сечения.

*) "Выбор усиления РДМ" (при сопровождении антенной начальной точки, т.е. пп. 2, 3) выполняется только для $ШК \geq 2$.

для сечения по траектории требуется знать только ξ_p (координату по сечению).

Состояние РДМ в процессе измерения ДН может меняться по мере необходимости (предусмотрено переключение шкалы РДМ для обеспечения оптимальной точности измерений каждого участка ДН и исключения "завислов"). Во время установки нового состояния РДМ (5τ) замеры сигнала не производится.

Переключение шкалы РДМ можно проводить, например, по следующим признакам:

1) если $|\underline{u}_p| > \beta_0 U_{\max}$, то добавить 5 (или 10) дБ ослабления,
 2) если $|\tilde{u}_{p+1}| = |\underline{u}_p + \Delta \tilde{u}| > \beta_0 U_{\max}$, то же добавить 5 (или 10) дБ в зависимости от соотношения $|\tilde{u}_{p+1}|$ и $\beta_0 U_{\max}$, где \tilde{u}_{p+1} вычисляется (экстраполируется), исходя из данных нескольких предыдущих замеров;

3) если $|\underline{u}_p| < A_0 U_{\max}$ или $|\tilde{u}_{p+1}| < A_0 U_{\max}$, то убавить 5 (или 10) дБ ослабления (в зависимости от соотношения \tilde{u}_{p+1} и $A_0 U_{\max}$).

Снятие замеров и ведение по траектории производится до достижения конечной точки траектории, заранее координаты которой ($\alpha_{\text{кон}}, \beta_{\text{кон}}$) могут быть вычислены (см. раздел 4).

Примечание. Если снимается сечение по траектории, то антенна ставится в управляемую точку траектории движения источника (a в разд. 9 она сопровождается):

$$h_a = h_{\text{ист}}(D_{(1)} + t_0) - \beta_{\max},$$

$$A_a = A_{\text{ист}}(D_{(1)} + t_0) - \frac{\alpha_{\max}}{\cosh h_{\text{ист}}(D_{(1)} + t_0)},$$

где $D_{(1)}$ - время перехода к выполнению разд. 10 (время снятия первого замера), и эта ориентация антенны сохраняется, пока измеряется сечение ДН, т.е. до тех пор, пока угловое расстояние от антенны до источника, пройдя через минимум (0), не достигнет величины ξ_2 ($\xi_{\text{кон}} = \xi_2$), ему соответствует время $D = D_{(1)} + t_0 + t_k$.

10.1. Ведение по траектории

Внешние устройства САУ, СИНХ.

10.1.1. Входные данные: режим САУ, данные о координатах источника и размещении антенны, $\alpha_{\text{нач}}, \alpha_{\text{кон}}, \beta_{\text{нач}}, \beta_{\text{кон}}$.

$v_A, v_h, \Omega_A, \Omega_h$ - угловые скорости движения по каждой из координат.
 10.1.2. Порядок действий.

В режиме функционирования "САУ-1" САУ обеспечивает ведение антенны по заданной траектории: $h_a(D), A_a(D)$. Величины $h_a(D), A_a(D)$ (ориентация антенны) рассчитываются по следующим формулам:

а) $\beta_{нач} = \beta_{кон} = \beta_{сеч_i}$ - азимутальное сечение ДН (проходящее через максимум ДН $\beta_{сеч_i} = \beta_{max}$),

$\alpha_{нач} = \alpha_{нач_i}, \alpha_{кон} = \alpha_{кон_i}$ - при выполнении разд. 10,

$\alpha_{нач} = \alpha_{кон_i}, \alpha_{кон} = \alpha_{нач_i}$ - при выполнении разд. 12.

$\alpha_{нач_i}, \alpha_{кон_i}$ - рассчитываются в разд. 10.

Движение по углу места - сопровождение области с координатой, равной $\beta_{сеч_i}$:

$$h_a(D) = h_{ист}(D) - \beta_{сеч_i}$$

или
$$h_a(D + \Delta\tau) = h_{ист}(D) + \overline{\Omega}_h \Delta\tau - \beta_{сеч_i} = h_a(D) + \overline{\Omega}_h \Delta\tau,$$
 где $\overline{\Omega}_h$ - средняя угловая скорость источника по координате за интервал $(D, D + \Delta\tau)$, $\Delta\tau \sim (1 \div 2)$ мин.

Движение по азимуту - движение с некоторой постоянной скоростью $v_A = v_{A_i}^{\pm}$ (при выполнении разд. 10 $v_A = v_{A_i}^+$, при выполнении разд. 12 $v_A = v_{A_i}^-$). В частности, v_{A_i} может быть равно нулю;

$$A_a(D) = A_a(D_{(1)}) + v_A(D - D_{(1)}) = A_a(D_{(1)}) + v_A(\rho - 1)\Delta t,$$

$$A_a(D + \Delta\tau) = A_a(D) + v_A \Delta\tau,$$

где $A_a(D_{(1)}) = A_{ист}(D_{(1)}) - \frac{\alpha_{нач}}{\cos h_a(D_{(1)})}$ - ориентация антенны, соответствующая начальной точке сечения.

б) $\alpha_{нач} = \alpha_{кон} = \alpha_{сеч_i}$ - угломестное сечение, проходящее через максимум ДН ($\alpha_{сеч_i} = \alpha_{max}$),

$\beta_{нач} = \beta_{нач_i}, \beta_{кон} = \beta_{кон_i}$ - при выполнении разд. 10,

$\beta_{нач} = \beta_{кон_i}, \beta_{кон} = \beta_{нач_i}$ - при выполнении разд. 12.

Движение по азимуту - сопровождение области с координатой, равной $\alpha_{сеч_i}$:

$$A_a(D) = A_{ист}(D) - \frac{\alpha_{сеч_i}}{\cos h_a(D)}$$

или
$$A_a(D + \Delta\tau) = A_a(D) + \overline{\Omega}_A \Delta\tau,$$

где \bar{Q}_A - средняя скорость движения источника до координаты за интервал времени $(D, D + \Delta\tau)$.

Движение по углу места - движение с постоянной скоростью $v_h = v_{h_i}^{\pm}$ (при выполнении разд. 10 $v_h = v_{h_i}^+$, при выполнении разд. 12 $v_h = v_{h_i}^-$):

$$h_a(D) = h_a(D_{(1)}) + v_h(D - D_{(1)}),$$

$$h_a(D + \Delta\tau) = h_a(D) + v_h \Delta\tau,$$

$$h_a(D_{(1)}) = h_{ист}(D_{(1)}) - \beta_{нач}.$$

После измерения сечения ДН повторяют измерения нулевого уровня ДН на всех используемых при измерении сечения шкалах РДМ, при этом антенна отводится в опорную область $00_2^{сеч}$, т.е. описанная в разд. 8 процедура "Измерение нулей" выполняется для координат $00_2^{сеч}$ (разд. 11).

Если измеряется азимутальное или угломестное сечение ДН и выполнены соответствующие условия реализуемости ($|v_{A,h}^-| \leq v_{A,h}^{max}$), то измерение сечения ДН повторяется при движении антенны в обратном направлении, от $00_2^{сеч}$ к $00_1^{сеч}$, от $\alpha_{кон}$ ($\beta_{кон}$) к $\alpha_{нач}$ ($\beta_{нач}$) (разд. 12), после чего измеряются уровни нулей в $00_1^{сеч}$ (разд. 13).

Исходное состояние РДМ при выполнении разд. 12 - последнее из состояний РДМ при выполнении разд. 10.

Для контроля постоянства КПД антенны и проверки работы РДМ (отсутствии дрейфа усиления РДМ) после измерения нескольких сечений повторяют процедуру "Измерение $\Delta U_{ист}^{max}$ " (она включает и "тепловую калибровку"). Контроль постоянства КПД антенны (постоянство отношения $\Delta U_{ист}^{max} / \Delta U_{гш}$ с точностью ϵ_2 , заданной в III) проводится только для сильного источника (Солнце). При проведении калибровки антенны вместо измерений $\Delta U_{ист}^{max}$ проводят "Тепловую калибровку". Повторное измерение $\Delta U_{ист}^{max}$ и последняя "Тепловая калибровка" могут служить начальными для следующих сечений, если обработка данных происходит после выполнения всей измерительной программы, либо $\Delta D_{обр} \ll \Delta D_{сеч}$.

II. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕННОГО СЕЧЕНИЯ ДН

Предварительная обработка включает следующие вычисления:

I. Линейная (по времени) аппроксимация уровня "нулей" ДН на основании измеренных в разд. 8, 11, 14 средних уровней сигналов $\bar{U}_{оп1}^{\pm}$ (ПЧ, П), $\bar{U}_{оп2}^{\pm}$ (ПЧ, П). Время измерения каждого из "нулей" определяется

(САНХ) при выполнении процедуры "Измерение нулей".

2. Вычисление приращений "сигнал - нуль" и приведение их к одному усилению РДМ:

$$U(\alpha_{ip}, \beta_{ip}) = [u(\alpha_{ip}, \beta_{ip}) - u_{оп}(\alpha_{ip}, \beta_{ip}; ПЧ, П)] \cdot \psi_{пч, п},$$

где $u(\alpha_{ip}, \beta_{ip})$ - замер ДН в точке $(\alpha_{ip}, \beta_{ip})$, состояние РДМ: $R_{ист}(ПЧ, П)$; $u_{оп}(\alpha_{ip}, \beta_{ip}; ПЧ, П)$ - аппроксимация уровня нуля, соответствующая точке $(\alpha_{ip}, \beta_{ip})$ - (время её замера D_p известно) на той же шкале РДМ, на которой произведен замер $u(\alpha_{ip}, \beta_{ip})$. Результатом предварительной обработки является некоторый ненормированный массив значений

$$U_i^{\pm}(\alpha_{ip}) - \text{для азимутальных сечений,}$$

$$U_i^{\pm}(\beta_{ip}) - \text{для угловых сечений,}$$

$$U_i^{\pm}(\xi_{ip}) - \text{для сечений по траектории,}$$

характеризующий сечение ДН; массивы значений аргумента. Эти величины, а также $\Delta U_{гш м}$, средняя величина отношения $(\Delta U_{ист}^{max} / \Delta U_{гш м})$ (обозначим C_m), средние уровни "нулей" $\bar{u}_{оп, 1, 2}^{\pm}(ПЧ, П)$, записываются в память ЭЕМ для дальнейшей обработки.

Примечание. Если данные измерений предполагается обрабатывать методом параметрического оценивания, то уровень фона определяется при окончательной обработке, и не требуется измерения уровня "нулей" ДН и вычисления приращений "сигнал - нуль", а $U_i^{\pm}(\alpha_{ip}, \beta_{ip}) := u_i^{\pm}(\alpha_{ip}, \beta_{ip})$.

12. КОРРЕКЦИЯ УРОВНЯ ПОДУМЛИВАНИЯ

1. Определяется изменение среднего уровня сигнала опорных областей:

$$\Delta u_0 = (u_0^{кон} [ПЧ, П] - u_0^{нач} [ПЧ, П]) \cdot \psi(ПЧ, П),$$

$$\Delta T_0 = ТК \Delta u_0,$$

где ТК - тепловая калибровка, $u_0^{кон}$, $u_0^{нач}$ - определяются по результатам предыдущих измерений (выполненных при одинаковом коде подумливания).

а) В режиме "НУ" $u_0^{нач} = \bar{u}_0^{m-1}$, $u_0^{кон} = \bar{u}_0^{m}$ - средние уровни сигнала опорных областей для двух измерений $\Delta U_{ист}^{max}$.

б) Варианты параметров В 2 или 3 - по результатам пунктов "Измерение нулей ДН", т.е. по уровням "нулей" для двух последовательно из-

меренных сечений

- если в цикле i измеряются два сечения ($IM = 2$):

$$u_0^{\text{нач}} = \frac{1}{2} (\bar{u}_{оп_1}^+ + \bar{u}_{оп_2}^+),$$

$$u_0^{\text{кон}} = \frac{1}{2} (\bar{u}_{оп_1}^- + \bar{u}_{оп_2}^-), \quad (\bar{u}_{оп_2}^+ = \bar{u}_{оп_2}^-),$$

- если измеряется одно сечение ($IM = 1$, либо сечение по траектории)

$$u_0^{\text{нач}} = \frac{1}{2} (\bar{u}_{оп_1}^{i-1} + \bar{u}_{оп_2}^{i-1}),$$

$$u_0^{\text{кон}} = \frac{1}{2} (\bar{u}_{оп_1}^i + \bar{u}_{оп_2}^i).$$

При измерениях с переключением ослаблений ($IK \geq 2$) уровни "нулей" берутся при наименьшем ослаблении, использованном при измерении обоих сечений.

в) Вариант № I. Δu_0 определяется - по результатам обработки методом параметрического оценивания (МПО) двух последовательно измеренных при одном уровне поддумливания сечений ($Q = 1$, или проводится калибровка по звездному источнику), - по разности средних уровней сигналов при измерении двух сечений ДИ

- $u_0^{\text{нач}} = \bar{u}_i^+$, $u_0^{\text{кон}} = \bar{u}_i^-$, - если в цикле измеряется два сечения,

- $u_0^{\text{нач}} = \bar{u}_{i-1}^+$, $u_0^{\text{кон}} = \bar{u}_i^+$, - если одно сечение ($IM = 1$),

где

$$\bar{u}_i^{\pm} = \frac{1}{P_3} \sum_{p=1}^{P_3} u_i^{\pm} (\alpha_{ip}, \beta_{ip}),$$

P_3 - число замеров при измерении сечения ДИ.

2. Устанавливается новый уровень поддумливания, соответствующий

$$\Delta T_{ш}^{\text{нов}} = \Delta T_{ш}^{\text{ст}} - \Delta T_0.$$

3. Если код установки уровня поддумливания, соответствующий $\Delta T_{ш}^{\text{нов}}$ не отличается от кода $\Delta T_{ш}^{\text{ст}}$, то при последующей коррекции уровня поддумливания в качестве $u_0^{\text{нач}}$ берется тот же самый уровень "нуля" (на соответствующей шкале РДМ), либо то же самое $u_0^{\text{нач}}$ (если состояние РДМ при измерении сечения не менялось).

13. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (Определение параметров ДН)

I. Варианты параметров № 2, 3.

а) Полученные в результате измерений массивы $U_i^\pm(\xi_p)$ (соответствующие измеренным сечениям) обрабатываются методом построения сплайн-функции (МПСФ): для каждого $U_i^\pm(\xi_p)$ строится сплайновая зависимость $\bar{U}_i^\pm(\xi)$ и по ней рассчитывается:

- нормированная ДН (сечение ДН) $f_i^\pm(\xi) = \bar{U}_i^\pm(\xi) / \bar{U}_i^\pm(\xi_{\max i}^\pm)$, $F_i^\pm(\xi) = 10 \lg f_i^\pm(\xi)$;
- параметры ДН (для данной реализации i^\pm)
- положение максимума сечения $\xi_{\max i}^\pm$ (для азимутального сечения это $\alpha_{\max i}^\pm$; для углового $\beta_{\max i}^\pm$),
- $\Delta F_{0,5 i}^\pm$ - ширина главного лепестка сечения ДН на уровне 0,5(-3 дБ мощности^{*)},
- положение и уровень (дБ) боковых лепестков^{*)} (максимумы $f_i^\pm(\xi)$ или $F_i^\pm(\xi)$),
- положение и уровень "нулей" (минимумов) сечения ДН,
- значение $\bar{U}_i^\pm(\xi_{\max i}^\pm)$ и по нему G_i^\pm (если источник - звездный).

б) Если в цикле измерений снимаются два сечения данного вида (при движении антенны в прямом и обратном направлениях), то определяется усредненная по этим двум сечениям нормированная ДН

$$F_i(\xi) = 10 \lg f_i(\xi) \quad , \quad \text{где} \quad f_i(\xi) = \frac{\bar{U}_i(\xi)}{\bar{U}_i(\xi_{\max i})}$$

$$\bar{U}_i(\xi) = \frac{\bar{U}_i^+(\xi)}{\bar{U}_i^+(\xi_{\max i}^+)} + \frac{\bar{U}_i^-(\xi)}{\bar{U}_i^-(\xi_{\max i}^-)}$$

и её параметры

- положение максимума $\bar{\xi}_{\max i}$,
- $\Delta F_{0,5 i}$,
- положение и уровень боковых лепестков и "нулей" сечения ДН.

в) При $i > I$ определяется усредненная по всем измеренным сечениям данного вида ДН и её параметры.

^{*)} Параметры ДН определяются только в том случае, если ДН измерена в соответствующих пределах.

2. Вариант параметров № I.

а) Полученные в результате измерений массивы $U_i^\pm(\xi_p)$ обрабатываются методом параметрического оценивания характеристик ДН (МПО). Определяется

- положение максимума сечения $\xi_{\max i}^\pm$;
 - средний уровень "нуля" ДН: \bar{U}_{0i}^\pm ;
 - $(\Delta U_{\text{ист}}^\pm)_i = (U_i^\pm(\xi_{\max i}^\pm) - \bar{U}_{0i}^\pm) \cdot \bar{U}_{\text{ист}}^\pm$; $(\Delta T_a^{\text{ист}})_i^\pm$;
- и по значениям $\Delta T_a^{\text{ист}}: G_i^\pm; \delta G_i^\pm; \bar{G}, G_0, \epsilon_{\text{эфф}}, \text{КИП}, \delta G_0$,
- ширина главного лепестка ДН в данном сечении $\Delta F_{0.5i}^\pm$;

б) Усреднение по всем измеренным сечениям - как указано выше. Предусмотрена возможность обработки одних и тех же массивов данных методом параметрического оценивания с использованием различных моделей.

Примечание. При проведении встройки для определения α_{\max} или β_{\max} усредняются только данные по двум сечениям (при движении антенны в прямом и обратном направлениях по сечению).

14. ПРОВЕРКА КОНЦА ИЗМЕРЕНИЙ № I

Проверяются условия перехода либо к обработке, либо к выполнению следующего цикла измерений. Переход к обработке происходит по одному из следующих признаков:

- 1) i кратно Q (при встройке положить $Q = 1$).
- Обрабатывается $IM \cdot Q$ сечений ДН.
- 2) $i \geq i^{\text{кон}}$ - выполнена программа измерений.
- 3) $D + \Delta D_{qi} \geq D_2$ нет времени для измерений следующего сечения.

В остальных случаях - переход к следующему циклу измерений сечений ДН.

Цикл начинается с "измерений нулей" при ориентации антенны в $00_1^{\text{сеч}}$. В режиме "сечение ДН", в этом случае, если новый код поддумливания не отличается от кода поддумливания, соответствующего $\Delta T_{\text{ш}}^{\text{ст}}$, а $IM = 2$ (в цикле измерится 2 сечения), следующий цикл начинается с р. 9, а в качестве "нулей" ДН в $00_1^{\text{сеч}}$ берутся результаты последних измерений соответствующих величин предыдущего цикла (разд.13).

15. ПРОВЕРКА КОНЦА ИЗМЕРЕНИЙ № 2

15.1. Режим "Измерение КУ"

15.1.1. Проверка выполнения условия $\delta_G \leq \delta_0$ (достижение заданной точности измерений). Если оно выполняется - печать протокола испытаний, передача управления оператору. Оператор имеет возможность

- а) снять задачу со счета,
- б) скорректировать параметры и начать измерения с разд.2 с новыми параметрами.

15.1.2. Если условие (I) не выполняется, - проверяется наличие времени для проведения дальнейших измерений:

$$D + \Delta D_{цм} \leq D_2.$$

Если это условие выполняется, - переход к следующему циклу измерений.

Если это условие не выполняется, - передача управления оператору .

Оператор имеет возможность:

- а) отпечатать протокол испытаний,
- б) выполнить действия, описанные в разд. I7 (п. I7.1, I7.3).

15.2. Режимы "сечение ДН", "2 ортогональных сечения"

15.2.1. Проверка выполнения условия

$$i \geq i_{\text{кон}}.$$

Если оно выполняется, - на АЦД появляется сообщение об этом. Передача управления оператору. Возможные действия оператора:

- а) отпечатать протокол испытаний,
- б) выполнить действия, описанные в п. I7.2, I7.3.

15.2.2. Если условие (I) не выполняется, - проверяется наличие времени для продолжения измерений:

$$D + \Delta D_{цi} \leq D_2.$$

Если это условие выполняется, - переход к измерениям следующего сечения. Если времени нет, - передача управления оператору. Оператор должен иметь возможность:

- 1) отпечатать протокол испытаний,
- 2) выполнить действия, описанные в разд. I7 (п. I7.2, I7.3).

15.3. Режим "Эстировка"

В режиме "Эстировка" положение максимума ДН антенны определяется "Методом последовательных приближений", чередуя измерение (и обработку) одного азимутального и одного угломестного сечения, причем результирующие данные о положении максимума предыдущих измерений являются входными данными для следующего цикла измерений.

Предполагается, что величина разьэтировки (величины $\alpha_{\max}, \beta_{\max}$) не превышает $\theta_{0,5}^{\alpha, \beta}$ - полуширины главного лепестка ДН на уровне 0,5.

Пусть для определенности снимается первым азимутальное сечение в пределах, превышающих $\pm \theta_{0,5}^{(\alpha)}$. Тогда во входных данных к измерению сечения указывается $\beta_{\text{сеч}_1} = \beta_{\max}^{(\omega)}$ (данные из ИП). В результате измерений и обработки определяется ξ_{\max}^{\pm} (положение максимума сечения).

Затем - снимается угломестное сечение в пределах, равных или превышающих $\pm \theta_{0,5}^{\beta}$ ($|\alpha_1|, |\alpha_2|, |\beta_1|, |\beta_2|$ в ИП должны быть $\geq \theta_{0,5}^{\alpha}$ и $\theta_{0,5}^{\beta}$ соответственно), причем $\alpha_{\text{сеч}_1} = \alpha_{\max}^{(1)}$. Определяется $\beta_{\max}^{(1)}$ = ξ_{\max} (положение максимума сечения).

Далее - снимается азимутальное сечение, проходящее через $\beta_{\text{сеч}_2} = \beta_{\max}^{(1)}$, (определяется $\alpha_{\max}^{(2)} = \xi_{\max}$), и угломестное, проходящее через $\alpha_{\text{сеч}_2} = \beta_{\max}^{(1)}$, и т.д. до тех пор, пока не будут выполняться условия

$$|\alpha_{\max}^{(k)} - \alpha_{\max}^{(k-1)}| \leq \delta_{\alpha\beta}, \quad |\beta_{\max}^{(k)} - \beta_{\max}^{(k-1)}| \leq \delta_{\alpha\beta}.$$

При переходе к следующему шагу проверяется наличие времени для проведения дальнейших измерений ($D + \Delta D_{\text{ч}_i} \leq D_2$).

Если это условие не выполняется, - передача управления оператору. Действия оператора описаны выше (а также в разд. Г7).

16. ПЕЧАТЬ ПРОТОКОЛА ИСПЫТАНИЙ

Исходные параметры.

1. Данные из массива исходных параметров (ИП): шифр программы, шифр источника, λ , Γ_0 , D_0 , ϵ_{geom} , $T_{\text{гш}}$, $T_{\text{гш}}$, ИХ, МОН, МОП, режим САУ, режим функционирования программы и соответствующие ему па-

+) Данные о пределах измерения тоже можно корректировать на каждом шаге $\pm \theta_{0,5}^{\alpha, \beta}$ от точки максимума.

параметры, метод обработки данных и соответствующие ему параметры (номер модели, l_k или $x_{спл}$);

2. Результаты измерений: $D_1, D_k, \Delta T_1, \tau_n$, децибелы ослабления по ПЧ и НЧ при измерениях ПШ, источника, число проведенных циклов измерений - m , массивы $G, \delta G [1:m], G, \delta G, \epsilon_{эфф}, КПД, G_0, \delta G_0$, данные о параметрах ДН (положение максимумов, ширина главного лепестка ДН), массивы $F_1(\xi), F_2(\xi); F_{\alpha, \beta}(\xi)$.

На печать выдаются входные параметры в следующем виде.

- 1) Название программы и (или) её шифр (например, < РТХ >).
- 2) Дата (число, месяц, год) - в произвольном, но понятном виде.
- 3) Время начала измерений D_0 (часы, минуты).
- 4) Название или шифр используемого источника.
- 5) Название (или символическое обозначение), числовое значение и размерность параметров, например,

$$\langle \lambda = \langle \text{значение } \lambda \rangle \text{ м} \rangle \quad (0,01 \text{ м} < \lambda < 10 \text{ м}),$$

$$\langle G_0 = \langle \text{значение } G_0 \rangle \text{ дБ} \rangle \quad (0,01 \text{ дБ} < G_0 < 1 \text{ дБ}),$$

$$\langle T_{гш} = \langle \text{значение } T_{гш} \rangle \text{ К} \rangle \quad (T_{гш} \leq 10^6 \text{ К}),$$

$$\langle T_{гшп} = \langle \text{значение } T_{гшп} \rangle \text{ К} \rangle$$

$$\langle S_{геом} = \langle \text{значение } \epsilon_{геом} \rangle \text{ м}^2 \rangle \quad (10 < \epsilon_{геом} < 10^3).$$

После шифра источника выдать на печать его параметры, например, $\alpha_{ист}, \delta_{ист}, S, [Янк]$ -для звездного, $E_{\odot}^0, \delta_{\odot}^0$ - для Солнца (символьное обозначение, числовое значение, размерность $\alpha_{ист}, E_{\odot}^0$ - часы, минуты, секунды, $\delta_{ист}, \delta_{\odot}^0$ - градусы, угловые минуты, угловые секунды),

$$\langle \text{антенный тракт: ВХ} = \langle \text{значение ВХ: 1 или 2} \rangle \rangle,$$

$$\langle \text{флукт. порог РДМ} = \langle \text{значение } \Delta T_1 > \text{К} \rangle (10^{-2} < T_1 < 10),$$

$$\langle \text{ослабление ПШ: ПЧ} = \langle \text{значение МОН [ПЧ}_T^{\text{НОВ}}] \rangle \text{ (дБ)}$$

$$\text{НЧ} = \langle \text{значение МОН [ПЧ}_T^{\text{НОВ}}] \rangle \text{ (дБ)} \rangle,$$

$$\langle \text{ослабление зенита: ПЧ} = \langle \text{значение МОН [ПЧ}_z] \rangle \text{ (дБ)}$$

$$\text{НЧ} = \langle \text{значение МОН [П}_z] \rangle \text{ (дБ)} \rangle.$$

Эти данные желательно выдать на печать после проведения первой тепловой калибровки (п. 3.3).

6) Название режима функционирования программы выдается на печать как заголовок к соответствующим параметрам и результатам. Название режима, и параметры (в указанном выше виде) выдаются при следующем обращении к печати (например, при выполнении разд. 4).

В зависимости от режима функционирования программы после названия

режима печатаются следующие данные.

а) Режим "Измерение КУ".

Параметры:

- < остировка антенны

= < значение $\alpha^{(0)}$ > (угл. мин.)

= < значение $\beta_{\max}^{(0)}$ > (угл. мин.) >

< L = < значение L > > ,

Результаты измерений

- < время накопления = < значение τ_n > (с.) >

< D_{нач} = < значение D₁ > > (часы, минуты)

< D_{кон} = < значение D_k > > (часы, минуты)

(D_k - время окончания измерений в данном режиме),

- < M = < значение m > > (число циклов измерений)

- < ослабление источника: ПЧ = < значение МСП [$\Pi_{\text{и}}^{\text{нов}}$] > (дБ)

НЧ = < значение МСН [$\Pi_{\text{н}}^{\text{нов}}$] > (дБ) > ,

- < КУ = < значение G₀ > ± < значение δG_0 > дБ >

(10 < G₀ < 100, δG_0 < 10)

- < S_{эфф} = < значение $\sigma_{\text{эфф}}$ > м² > ($\sigma_{\text{эфф}} \approx \sigma_{\text{геом}}$)

- < $\delta S_{\text{эфф}}$ = < значение $\delta \sigma_{\text{эфф}}$ > % > ($1\% < \delta \sigma_{\text{эфф}} < 20\%$)

- < КПД = < значение КП > > (0 < КП < 1,0)

Таблица значений G[n] и $\delta G[n]$ (мантисса, порядок), n = 1, 2, ..., m

< n G[n] $\delta G[n]$ >

... ..

... ..

\bar{G} = < значение \bar{G} : мантисса, порядок > ±

< значение $\sqrt{\bar{G}^2}$: мантисса, порядок > >

б) Режим < Остировка > .

Параметры:

- пределы измерения по каждой из координат

< ALFA 1 = < значение α_1 (град., угл. мин.) >

< ALFA 2 = < значение α_2 (град., угл. мин.) >

< BETA 1 = < значение β_1 (град., угл. мин.) >

< BETA 2 = < значение β_2 (град., угл. мин.) >

- число сечений в цикле

< IM = < значение IM: 1 или 2 > >

- остировка, заданная в ИП,

< ANAXO = < значение $\alpha_{\max}^{(0)}$ > (угл. мин.) >

< BMAXO = < значение $\beta_{\max}^{(0)}$ > (угл. мин.) >

- метод обработки и его параметры ($X_{\text{спл}}$ или N_k), для МПО указать номер используемой модели.

Результаты измерений⁺⁾

- время начала и окончания измерений в данном режиме,
- ослабление источника,
- число шагов приближений,
- положение максимума ДН ($\alpha_{\text{max}}, \beta_{\text{max}}$) - выделить, как основной результат измерений в данном режиме,
- параметры главного лепестка $\Delta F_{0,5}^{\alpha}, \Delta F_{0,5}^{\beta}$ (если пределы измерений по каждой координате позволяют их определить),
- значение $\Delta T_a^{\text{ИСТ}}$, К - определенное по значению $\bar{U}(\alpha_{\text{max}}, \beta_{\text{max}})$ (усреднить по сечениям и тепловым калибровкам, измеренным в последнем цикле),
- значения КУ, погрешность его измерений, $\epsilon_{\text{эфф}}$, КПД, вычисленные по $\Delta T_a^{\text{ИСТ}}$ (эти результаты вычисляются и печатаются только при калибровке по звездному источнику).

в) < Сечение ДН > .

Параметры:

- вид сечения (< азимут >, < высота >, или < ALFA >, < BETA >, или < сечение ДН - ALFA >, < сечение ДН по траектории источника >),
- пределы измерения ДН по сечению,
- положение максимума ДН ($\alpha_{\text{max}}^{(0)}, \beta_{\text{max}}^{(0)}$),
- число сечений в цикле измерений (ИМ),
- значения K_1 и Q , например, в виде < калибровка через < значение K_1 > циклов >, < обработка через < значение Q > циклов > ,
- параметры ПШ, и ШК,
- метод обработки и параметры $X_{\text{спл}}$ или N_k , для МПО указывается номер используемой модели.

Результаты измерений

- время начала и окончания измерений в данном режиме (D_1 и D_k , часы, минуты),
- время накопления τ_n ,
- децибелы ослабления ПЧ и НЧ при измерении источника,
- число циклов измерений в заданном режиме,
- параметры ДН (основной результат),

⁺⁾ Результаты и параметры для всех режимов печатаются в том же виде, как и для "КУ": название (или символическое обозначение), числовое значение, размерность.

- положение максимума сечения ДН,
- ширина главного лепестка сечения ДН,
- положение (в град. и угл. мин.) и уровень (в дБ) боковых лепестков и "нулей" сечения ДН - вычисленные по усредненной по всем циклам измерений нормированной ДН ($f(\xi)$ и $\bar{F}(\xi)$). Если проведен только один цикл измерений, то печатаются параметры, усредненные по двум сечениям цикла (если $M = 2$).

Предусмотрена возможность выдачи на печать по команде оператора

- параметров ДН для каждого из m циклов измерений (определенных по $F_m(\xi)$ и $f_m(\xi)$),
- усредненной по m циклам измерений нормированной ДН (в дБ) $\bar{F}(\xi)$ (шаг по сечению или число точек указываются оператором),
- нормированной ДН для каждого из m циклов измерений $\bar{F}_m(\xi)$,
- каждого из измеренных сечений: $F_m^\pm(\xi)$ и соответствующих параметров ($\xi_{\max m}^\pm$, ΔF_m^\pm и т.п.).

Если для измерений использовался звездный источник, то вычисляются и печатаются значения КУ, $\sigma_{\text{эфф}}$, КИП (в том же виде, как для режима $\langle \text{КУ} \rangle$), определенные по $\Delta U_{\text{ист}}^{\max}$ и по значению ненормированной ДН в точке максимума: $\bar{U}_m^\pm(\xi_{\max m}^\pm)$ - средние значения и для каждого цикла измерений (в виде двух таблиц).

г) $\langle 2$ ортогональных сечения \rangle .

Параметры:

- пределы измерения ДН по каждому сечению,
- положение максимума ($\alpha_{\max}^{(0)}$, $\beta_{\max}^{(0)}$),
- число сечений в цикле измерений,
- значения K_1 и G ,
- ДИ, ИК,
- метод обработки и соответствующие параметры.

Результаты измерений

- время начала и окончания измерений в данном режиме, время накопления,
- децибелы ослабления по ПЧ и НЧ при измерении источника,
- число циклов измерений в заданном режиме,
- число циклов измерений по азимуту и по углу места,
- параметры ДН - в том же виде, как для сечения по одной координате - для сечений по каждой координате (сначала средние по каждой из координат, затем по желанию оператора - по каждому из циклов измерений - указываются номер цикла и вид сечения).

Предусмотрена возможность выдачи на печать по команде оператора

некоторых других параметров из массива ИП и промежуточных результатов, например, параметров θ_m, θ_0 , ДО, интервалов времени, вычисленных в п. 4.2, времени измерения одного сечения, времени одного цикла измерений, значения скоростей $v_{A,hi}^{\pm}, \omega_i, \bar{\omega}_{A,hi}$ (угл. мин/мин), $\Delta T_{шi}$ (К).

После печати протокола испытаний - передача управления оператору. Оператор имеет возможность

- 1) снять задачу со счета,
- 2) скорректировать параметры (например, режим измерений, ΔD , точник) и начать измерения сначала ($D_0 := D$).

17. СВОЙНАЯ СИТУАЦИЯ

Входные параметры.

- а) Признаки наличия сбоя
 - неисправность ПШ ($W\Gamma < \Gamma$),
 - неисправность РДМ ($WY > \varepsilon$),
 - помеха ($WP > 0,3$ или $WP_j > 0,3$),
 - наличие "зашкалов" при выполнении процедуры "Измерение сигнала", либо при измерении главного лепестка ДН (РДМ - в состоянии "R^{max}_{ист}").
 - б) Номер цикла измерений, на котором произошёл сбой $m_{сб}$ (в режиме "2 сечения" указываются m_A и m_n).
 - в) Номер сечения в цикле, при измерении которого произошёл сбой (обозначим $j_{сб}$), название (или шифр) процедуры, при выполнении которой произошёл сбой.
 - г) Время появления сбоя $D_{сб}$, время окончания измерений, продолжительность последнего цикла измерений и время выполнения отдельных процедур в цикле ($\Delta D_{ин}, \Delta D_{сечj}, \Delta D_{всп}$).
 - д) Коммутация входа РДМ.
 - е) Данные последней тепловой калибровки.
 - ж) Ориентация антенны относительно источника, при которой произошёл сбой (координаты $\alpha_{сб}, \beta_{сб}$), при наличии "зашкала" или помехи.
- Порядок действий.
- При наличии "зашкалов" - выяснение причины сбоя.
- При коммутации входа РДМ на ПШ или ОН - печать "неисправность РДМ".
- При коммутации входа РДМ на антенный тракт - проверяется исправность РДМ (проводится "Тепловая калибровка" и "Проверка отсутствия дрейфа усиления РДМ"). Если РДМ исправен (не появились "зашкалы" при

выполнении "тепловой калибровки" и $WУ \leq \epsilon$), то причина сбоя - помеха.

Дальнейшие действия зависят от причины сбоя и наличия времени для измерений.

Во всех случаях производится "Печать причины сбоя" (а также индикация соответствующей информации на АИД), передача управления оператору. Предусмотрена возможность следующих действий по соответствующей команде оператора (данные, полученные до сбоя, должны храниться в памяти ЭЕМ).

1) Обработка данных, полученных до сбоя, печать протокола испытаний (параметров, если они еще не напечатаны, результатов, если они имеются). После этого оператор имеет возможность

а) снять задачу со счета,

б) скорректировать параметры и приступить к измерениям с самого начала с новыми параметрами.

2) Продолжение измерений в том же режиме, начиная с $i_{нач} = i_{сб}$. Новые значения $i_{нач}$, $i_{кон}$, ΔD задает оператор (или оставляет прежними), $D_0 := D$. Выполняются действия по программе начиная с п. 2, включая "Предварительные вычисления". Время возобновления измерений ($D_{нов}$ выдается на печать).

3) Продолжение измерений без проведения предварительных вычислений (с теми же начальными условиями, начиная с $i = i_{сб}$, при наличии времени для измерений). Предварительно проверяется только работа РДМ (п. 2.3). Если усиление РДМ не изменилось (проверяется по последнему $\Delta U_{гш}$ до сбоя и значению $\Delta U_{гш}$ после сбоя), то измерения возобновляют с того же места, где произошла сбой, установив то же состояние РДМ (в режиме $\langle KU \rangle$ начать цикл $n_{сб}$ с начала).

Если относительное изменение усиления РДМ превышает ϵ , то сначала определяется новое состояние РДМ, требуемое для проведения измерений (т.е. выполняются п. 5,6). Измерения начинают с $n = n_{сб}$ ($i = i_{сб}$).

4) Ожидание прохождения помехи: антенна наводится на область, где отмечено появление помехи ($\alpha_{сб}$, $\beta_{сб}$), и эта область сопровождается. Контроль наличия помехи может производиться по звуковому индикатору РДМ, либо многократным повторением процедуры "Измерение сигнала" при состоянии РДМ " $R_{ист}^{max}$ " с добавлением 10 дБ ослабления) и "Проверка отсутствия помехи" до тех пор, пока $WП > 0,3$, либо до команды опе-

ратора. После прохождения помехи (контролируется оператором по звуковому индикатору РДМ и по величине $WП$, индицируемой на АЦД), оператор может по своему усмотрению выполнить действия, указанные выше: 1), 2), 3).

18. ПЕЧАТЬ ПРИЧИНЫ СБОЯ

На печать выдается следующая информация.

1) Символьное обозначение, числовое значение и размерность следующих параметров:

- номер цикла измерений, на котором произошёл сбой, $m_{сб}$ ($m_{Асб}, m_{исб}$),
- номер сечения в цикле, при измерении которого произошёл сбой, $l_{сб}$,
- время появления сбоя $D_{сб}$ (часы, минуты),
- время окончания измерений D_2 ,
- время выполнения последнего цикла измерений - на АЦД выдаются также интервалы времени выполнения отдельных процедур в цикле).

2) Причина сбоя и соответствующая ей информация:

- < неисправность ПШ: $WГ = \langle \text{значение } WГ \rangle$,
- < неисправность РДМ: $WУ = \langle \text{значение } WУ \rangle$
 $\epsilon = \langle \text{значение } \epsilon \rangle$,
- < помеха: $WП_j = \langle \text{значение } WП_j \rangle$
 $j_{сб} = \langle \text{значение } j_{сб} \rangle$.

При наличии "зашкала" - выдается информация о коммутации входа РДМ, при которой отмечено появление "зашкала".

3) Информация об этапе эксперимента, на котором произошёл сбой (шифр выполняемой процедуры).

19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЭД АНТЕННЫ (η)

19.1. Порядок действий при выполнении эксперимента

После установки антенны оператором в исходное положение "ориентация в зенит" (A_0, h_0) выполняется следующие процедуры:

1. Ввод исходных параметров.
2. Тепловая калибровка РДМ.
3. Измерение сигнала на выходе РДМ при подключении ко входу РДМ опорной нагрузки (ОН),
4. Измерение сигнала на выходе РДМ при подключении ко входу РДМ

антенного тракта.

5. Повторное измерение сигнала при подключении ОН (состояние РДМ - как в п. 3).
6. Статистическая обработка данных измерений.
7. Повторение тепловой калибровки РДМ.
8. Проверка отсутствия сбойной ситуации: отсутствия дрейфа усиления РДМ, отсутствия помехи (на основании соответствующих входных данных п.п. 2-6).
9. Расчет КИД по формулам, указанным ниже ("Основные вычисления").
10. Печать протокола испытаний.

Для повышения точности измерений процедуры п.п. 3-9 многократно повторяются. Результаты последней "Тепловой калибровки" предыдущего цикла являются начальными для следующего. Действия при наличии сбоя (неисправность прибора, помеха) описаны ниже (см. "Сбойная ситуация (КИД)", "Печать причины сбоя (КИД)").

19.2. Описание отдельных процедур эксперимента

19.2.1. Ввод исходных параметров.

1. Состав исходных параметров.

1) Шифр программы.

2) Дата: день, месяц, год (целые числа).

3) Данные об условиях эксперимента:

A_0, h_0 - ориентации антенны (град.),

T_0 - внешняя температура (К),

T_{Σ} - усредненная по диаграмме направленности температура внешнего излучения (К),

M_0 - число циклов измерений,

P_1 - количество выборок (замеров) при измерении сигнала (целое число),

Δt - временной интервал между замерами (с).

4) Данные об используемом радиометре:

$T_{\text{ГШ}}, T_{\text{ОН}}$ - температуры соответственно ГШ и опорной нагрузки (К),

B_X - номер входа радиометра, к которому подключен антенный тракт,

ϵ - оценка допустимого дрейфа усиления РДМ,

Γ - некоторая постоянная ($\Gamma \gg 1$) для оценки исправности ГШ

τ - постоянная времени РДМ,

$\Pi_3, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_4$ - положения переключателей ослабления по НЧ и ВЧ при измерении соответственно мощности сигнала ГШ и "зенита",

$\text{MON}[I:6], \text{MOP}[I:4]$ - массивы ослаблений по НЧ и ВЧ, соответствующие всем возможным положениям переключателей (дБ),

U_{max} - максимум шкалы выходного прибора РДМ.

2. Сведения о режимах формирования, коррекции и контроля массива исходных параметров, а также описание процедур "Измерение сигнала", "Тепловая калибровка РДМ", "Проверка отсутствия дрейфа усиления РДМ" приведены выше (см. описание отдельных процедур эксперимента по измерению ДН и КУ антенны).

Процедуры п.п. 3-5 - это последовательно проводимые процедуры "Измерение сигнала" при различной коммутации входа РДМ.

3. Коммутация входа РДМ - опорная нагрузка ($I_2 = I_2(\text{OH})$). Состояние РДМ обозначим R_{4n} . Результирующие данные: массив $u_1[I: P_1]$.

4. Коммутация входа РДМ - антенный тракт ($I_2 = I_2(\text{ВХ})$). Состояние РДМ R_{4n} . Результирующие данные: массив $u_2[1: P_1]$.

5. $I_2 = I_2^{3n}(\text{OH})$ (повторные измерения в состоянии РДМ R_{4n}). Результирующие данные: $u_3[I: P_1]$.

Остальные параметры, в том числе определяющие состояние РДМ, во всех трех случаях одинаковы: фаза модуляции Φ^* , подшумливание $U_{\text{ш}} = 0$, ГШ - выкл. ($I_1 = 0$), ослабление по НЧ и ВЧ соответствует положениям переключателей Π_3 и Π_3 ; $P = P_1$, интервал между выборками Δt .

Полученные данные подвергаются обработке с целью определения их средних значений $\bar{u}_{1,2,3}$ и среднеквадратичных отклонений $\Delta_{1,2,3}$.

19.2.2. Статистическая обработка данных измерений.
Обработка данных состоит в последовательном применении процедуры "Статистическая обработка" к массивам значений сигнала на выходе РДМ $u_i[1: P_1]$, $i = 1, 2, 3$.

Процедура "Статистическая обработка"

- входные данные $u_i[1: P]$,

- результирующие параметры \bar{u}_i, Δ_i .

Процедура предусматривает вычисление среднего значения и среднеквадратичного отклонения для набора независимых случайных величин $u_i[1: P]$:

$$\bar{u}_i = \frac{1}{P} \sum_{P=1}^P u_i[P],$$

$$\Delta_i = \sqrt{\frac{1}{P(P-1)} \sum_{p=1}^P (u_i[P] - \bar{u}_i)^2}$$

19.2.3. Проверка отсутствия помехи.

Проверяется выполнение условия $W\Pi \leq 0,3$, где

$$W\Pi = \left| \Delta_2^2 / \bar{\Delta}_2 - 1 \right|, \quad \bar{\Delta}_2^2 = \frac{1}{2}(\Delta_1^2 + \Delta_3^2),$$

$\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$ - данные п. 6 ("Статистическая обработка"). Если условие отсутствия помехи не выполняется - повторяется выполнение п.п. 3 - 6 еще раз. Если при повторных измерениях также отмечено появление помехи - переход к блоку "Сбойная ситуация (КЦД)".

19.2.4. Основные вычисления.

Входные параметры $T_0, T_z, T_{он}, \bar{u}_1, \bar{u}_2, \bar{u}_3, \Delta_2, TK_1, TK_2, m, ПЧ_3, П_3, МОН, МОП$.

(где TK_1, TK_2 - результаты "Тепловой калибровки" соответственно $(m-1)$ -го и m -го циклов измерений).

Результирующие параметры $\bar{\eta}; \delta_{\bar{\eta}}; m; \eta [1:m]; \delta_{\eta} [1:m]$.

Порядок расчетов.

1) Вычисление ΔT_{a3}

$$\Delta v_3 = \left[\frac{1}{2} (u_1 + u_3) - u_2 \right] \gamma_3,$$

где γ_3 - пересчетный коэффициент,

$$\gamma_3 = \gamma(ПЧ_3, П_3) = 10^0 \cdot I(МОН[П_3] + МОП[ПЧ_3]),$$

$$TK = 1/2 (TK_1 + TK_2),$$

$$\Delta T_{a3} = \Delta \gamma_3 \cdot TK.$$

2) Вычисление КЦД ($\eta [m]$) по измерениям m -го цикла:

$$\eta [m] = \frac{\Delta T_{a3} + (T_{он} - T_0)}{T_0 - T_z},$$

$$\delta \eta [m] = \frac{2\Delta_2 \gamma_3}{\Delta \gamma_3} \text{ - "случайная" часть ошибки измерений КЦД.}$$

3) Вычисление $\bar{\eta}$ (среднее значение КЦД по m циклам измерений):

$$\bar{\eta} = \frac{1}{m} \sum_{n=1}^m \eta[n],$$

$$\delta\eta_1 = \begin{cases} \max\{\delta\eta[n]\}, & n=1,2,\dots,m; 2 \leq m < 20 \\ \delta\eta[1], & m=1 \\ \sqrt{\sigma_{\eta}^2}, & m \geq 20 \end{cases}$$

где

$$\sigma_{\eta}^2 = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{n=1}^m (\eta[n] - \bar{\eta})^2; \quad \delta\bar{\eta} = \sqrt{(\delta\eta_1)^2 + (\delta\eta_2)^2},$$

$\delta\eta_2 = 0,02$ - оценка относительной ошибки определения КПД, обусловленная неточным значением T_{Σ} .

19.2.5. Печать протокола испытаний.

Входные параметры.

а) данные из массива ИП: шифр программы, дата, время, T_0 , A_0 , h_0 , M_0 , $T_{\Gamma\text{ш}}$, $\Pi\text{Ч}_T$, $\Pi\text{Ч}_3$, Π_T , Π_3 , МОН[1:6], МОП[1:4], ВХ,

б) результаты измерений: m , ΔT_1 , $\bar{\eta}$, $\delta\bar{\eta}$, $\eta[1:m]$, $\delta\eta[1:m]$.

На печать выдвигаются входные параметры в следующем виде.

1) Название программы и её шифр, например, < КПД >.

2) Дата 21.09.84 (число, месяц, год),

3) Время начала измерений 16:10:00 (часы, минуты),

4) Название (или символическое обозначение), числовое значение и размерность параметров:

< Внешняя температура	= < значение	T_0	> К >> ,		
< Ориентация антенны:	A_0	= < значение	A_0	> град	
	h_0	= < значение	h_0	> рад > ,	
< Температура ПШ	$T_{\Gamma\text{ш}}$	= < значение	$T_{\Gamma\text{ш}}$	> К > ,	
< Задано циклов:	M_0	= < значение	M_0	>> ,	
< Проведено циклов:	m	= < значение	m	>> ,	
< Слукт. порог РДМ:	ΔT_1	= < значение	ΔT_1	> К > ,	
< Ослабление ПШ: ПЧ	$\text{МОП}[\Pi\text{Ч}_T]$	= < значение	$\text{МОП}[\Pi\text{Ч}_T]$	> дБ	
	НЧ	= < значение	$\text{МОП}[\Pi\text{Ч}_3]$	> дБ > ,	
< Ослабление зенита: ПЧ	$\text{МОП}[\Pi\text{Ч}_3]$	= < значение	$\text{МОП}[\Pi\text{Ч}_3]$	> дБ	
	НЧ	= < значение	$\text{МОП}[\Pi\text{Ч}_3]$	> дБ > ,	
< Антенный тракт - ВХ	ВХ	= < значение	ВХ	: 1 или 2 >> ,	
< КПД = < значение	$\bar{\eta}$	> \pm	< значение	$\delta\bar{\eta}$	>> .

5) Таблица измеренных значений КПД.

19.2.6. Сбойная ситуация (КПД).

Входные параметры.

- а) признак наличия сбоя ($WГ < Г$ или $WУ > Ε$, или $WΠ > 0,3$, либо наличие "зашкалов" при выполнении процедуры "Измерение сигнала"),
- б) номер цикла измерений, на котором произошёл сбой, $m_{сб}$,
- в) коммутация входа РДМ (при которой отмечено появление "зашкала"),
- г) данные последней "Тепловой калибровки".

При наличии "зашкалов" - выяснение причины сбоя

- при коммутации РДМ на ПШ или ОН - неисправность РДМ,
- при коммутации РДМ на антенный тракт - проверить исправность РДМ (провести "Тепловую калибровку РДМ" и "Проверку отсутствия дрейфа усиления РДМ"). Если РДМ исправен, то причина сбоя - помеха.

Далее, при наличии результатов измерений ($m_{сб} > I$) - печать результатов по ($m_{сб} - I$) циклам измерений и "Печать причины сбоя" ;
при $m_{сб} = I$ - "Печать причины сбоя".

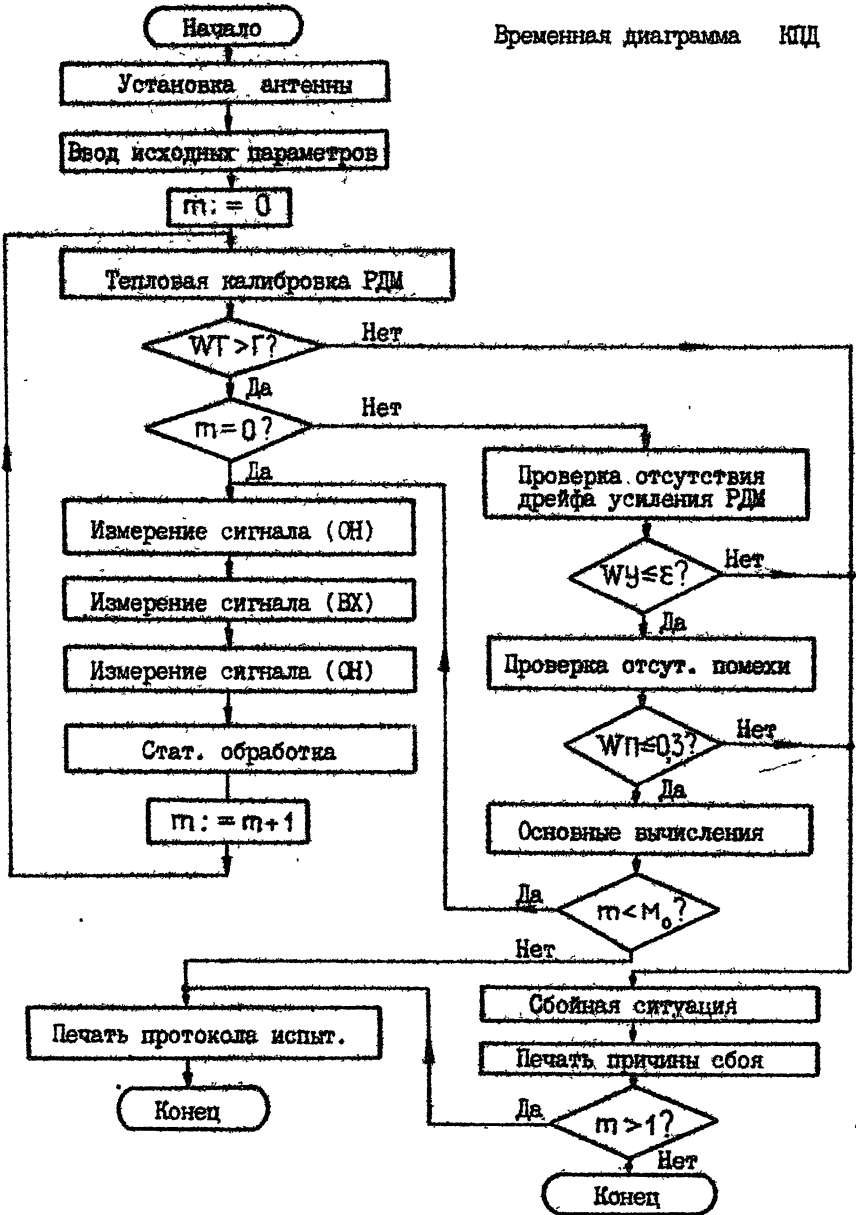
19.2.7. Печать причины сбоя (ЖЦД).

Входные параметры: $Ε, WГ, WУ, WΠ, m_{сб}$.

Информация о наличии сбоя (признаки $WГ < Г$ или $WУ > Ε$, или $WΠ > 0,3$).

На печать выдается следующая информация:

- а) номер цикла измерений, на котором произошёл сбой
 $\langle m_{сб} = \langle \text{значение } m_{сб}, \text{ целое число} \rangle \rangle$,
- б) причина сбоя и соответствующая ей информация, например,
 $\langle \text{неисправен ПШ: } WГ = \langle \text{значение } WГ \rangle \rangle$,
 $\langle \text{неисправен РДМ: } WУ = \langle \text{значение } WУ \rangle \rangle$,
 $\langle \text{помеха: } WΠ = \langle \text{значение } WΠ \rangle \rangle$.



П Р И Л О Ж Е Н И Е

I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ РАСЧЕТА УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ВНЕЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

I.1. Назначение

а) Расчёт на заданный момент декретного поясного времени для текущей даты азимутальной и угломестной координаты с погрешностью не хуже 15" и угловых скоростей относительно азимутальной и угломестной оси следующих небесных объектов:

- звездные источники,
- Солнце,
- Луна .

б) Преобразование угловых и временных величин в следующие представления:

- часовое (часы, минуты, секунды),
- градусное (градусы, минуты, секунды),
- радианное ,
- в виде двоичного 16-разрядного кода.

в) Печать таблиц угловых координат и скоростей для заданного интервала значений декретного поясного времени.

г) Получение данных справочного характера о текущих координатах объектов.

Пакет программ "Расчёт координат источников" может работать

- в составе программ автоматизации антенных измерений,
- в автономном режиме.

I.2. Исходные параметры для расчёта координат

а) Данные о времени и месте наблюдения

- дата (день, месяц, год),
- номер часового пояса (N),
- сезонная поправка к часовому поясу ($N_{\Delta} = 0, I$) для различных сезонов,
- широта места наблюдения φ (градусы, минуты, секунды),
- долгота места наблюдения λ_E (часы, минуты, секунды),
- D_1, D_2, hD - начальный, конечный моменты времени (с точностью

до минуты), шаг по времени (минуты).

- б) Список параметров для вычисления координат звездных источников
- шифр источника,
- время начала звездных суток S_0 (часы, минуты, секунды),
- склонение δ (градусы, минуты, секунды),
- прямое восхождение α (часы, минуты, секунды).

в) Список параметров, задающих координаты Солнца

- шифр Солнца,
- склонение на текущие и последующие сутки $\delta_{\odot}^0, \delta_{\odot}^{+1}$ (градусы, минуты, секунды),
- уравнение времени на текущие и последующие сутки $E_{\odot}^0, E_{\odot}^{+1}$ (часы, минуты, секунды).

Все угловые и временные величины хранятся в радианной мере, приведенные к интервалу $[0, 2\pi)$.

При работе программы в автономном режиме формирование ИД - с пульта оператора в диалоговом режиме. Требования к режимам формирования, коррекции и контроля изложены выше. При работе программы в составе программы автоматизации антенных измерений входные параметры для расчёта координат выбираются из общего массива ИД и результирующих параметров (D_1, D_2, hD).

1.3. Расчёт координат источников

Расчёт производится в следующей последовательности:

- а) идентификация по шифру источника типа источника (звездный, Солнце),
- б) проверка по шифрам источника и текущих суток наличия нужных параметров,
- в) вычисление экваториальных координат t (часовой угол) и δ (склонение),
- г) вычисление азимута A , угла места h и угловых скоростей Ω_A, Ω_h по t и δ .

Примечание. п. 4 является общим для всех типов источников, поэтому выделен в отдельную подпрограмму, п. 2 и 3 являются индивидуальными для каждого типа источника.

Ниже приводятся расчётные формулы.

Пересчет экваториальных угловых координат в горизонтальные (азимутально-угломестные) с вычислением проекций угловой скорости перемеще-

ния источника относительно азимутальной и угловой осей (п. 4).

Входные параметры:

- широта φ [рад],
- часовой угол t [рад],
- склонение δ [рад],
- $i = \begin{cases} 1 & \text{(для звездных источников)} \\ 0 & \text{(в остальных случаях).} \end{cases}$

Вычисляемые параметры:

- азимут A [рад], область определения $[0, 2\pi)$,
- угол места h [рад], область определения $(-\pi/2, \pi/2)$,
- угловые скорости относительно азимута и угла места Ω_A, Ω_h (угл. мин./мин.).

Порядок расчета:

1. Вычисляются величины

$$\xi = \cos \delta \sin t,$$

$$\eta = \cos \delta \sin \varphi \cos t - \sin \delta \cos \varphi,$$

$$\zeta = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

$$\rho = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}, \quad \alpha = \arcsin(\xi/\rho).$$

2. Выполняется расчёт A, h, Ω_A, Ω_h по следующим формулам:

$$A_1 = \begin{cases} \alpha, & \text{если } \eta \geq 0 \\ \pi - \alpha, & \text{если } \eta < 0 \text{ и } \xi \geq 0 \\ -\pi - \alpha, & \text{если } \eta < 0 \text{ и } \xi < 0 \end{cases},$$

$$A = \text{mod}_{2\pi}(A_1),$$

$$h = \left(+\frac{\pi}{2} - \arcsin(\rho) \right) \text{sign}(\zeta),$$

где

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x > 0 \\ \text{произвольное значение}, & \text{если } x = 0 \\ -1, & \text{если } x < 0 \end{cases},$$

$$\Omega_A = (\sin \varphi + \cos \varphi \operatorname{tg} h \cos A) 15 / (1 + i 0,00273791),$$

$$\Omega_h = -\cos \varphi \sin A 15 / (1 + i 0,00273791).$$

1.4. Расчёт экваториальных координат звездных источников

Входные параметры:

- долгота λ_E ,
- начало звездных суток S_0 ,
- номер часового пояса N ,
- сезонная поправка к номеру N_Δ ,
- прямое восхождение источника α ,
- декретное поясное время D .

Результирующие параметры: t - часовой угол, δ - списывается из массива исходных параметров без изменения.

Порядок расчёта:

$$t_1 = \left(D - \frac{\pi}{12} (N + 1 + N_\Delta) \right) \cdot 1,00273791 - \alpha + \lambda_E + S_0,$$

$$t = \text{mod}_{2\pi}(t_1)$$

- алгоритм приведения к интервалу $[0, 2\pi)$ см. ниже.

1.5. Расчёт экваториальных координат Солнца

Входные параметры:

- долгота λ_E ,
- номер часового пояса N ,
- сезонная поправка к номеру N_Δ ,
- уравнение времени на текущие сутки E_\odot^0 ,
- уравнение времени на последующие сутки E_\odot^{+1} ,
- склонение на текущие сутки δ_\odot^0 ,
- склонение на последующие сутки δ_\odot^{+1} .

Результирующие параметры: t - часовой угол, δ - склонение.

Порядок расчёта:

Величины E и δ на текущий момент интерполируются по линейному закону по значениям E_\odot^0 , E_\odot^{+1} и δ_\odot^0 , δ_\odot^{+1} :

$$D_1 = D - \frac{\pi}{12} (N + 1 + N_\Delta), \quad z = \frac{12}{\pi} D_1,$$

$$E = E_\odot^0 + (E_\odot^{+1} - E_\odot^0)z,$$

$$\delta_2 = \delta_\odot^0 + (\delta_\odot^{+1} - \delta_\odot^0)z;$$

$$t = \text{mod}_{2\pi} (D_1 + E + \lambda_E),$$

$$\delta_1 = \text{mod}_{2\pi} (\delta_2),$$

$$\delta = \begin{cases} \delta_1, & \text{если } \delta_1 \leq \pi \\ \delta_1 - 2\pi, & \text{если } \delta_1 > \pi \end{cases}$$

Примечания.

Изменение даты (например, на +1 сутки) производится в соответствии с календарем, т.е., например, изменение шифра даты 30.04.1982 на +1 сутки производится в виде 01.05.1982; 31.12.1982 заменяется на 01.01.1983 и т.п. Аналогичным образом производится операции поиска нужного шифра даты.

Алгоритм приведения к интервалу $[0, 2\pi)$, т.е. операция $t = \text{mod}_{2\pi}(t)$ (см. рис. 1).

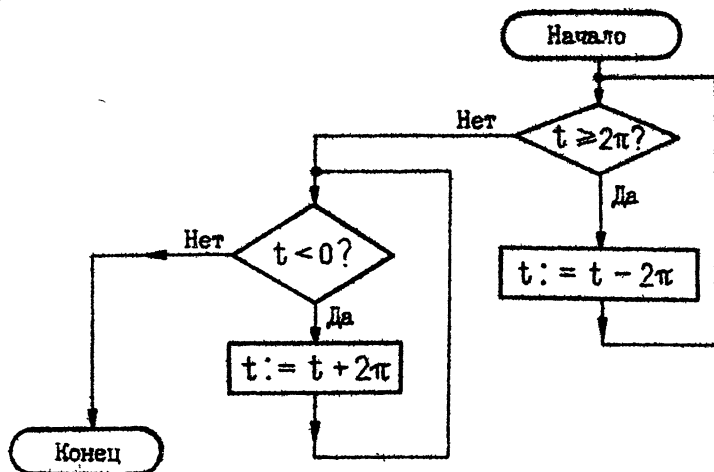


Рис. 1

1.6. Операции преобразования форматов данных

Предусмотрены операции перевода

- часового представления (в виде трех чисел: Ч(часы) - формат I3, М (минуты) - формат I3 и С(секунды) - формат F 6. 3) в радианное по

формуле

$$t [\text{рад}] = \frac{\pi}{12} \left(4 + \frac{M}{60} + \frac{C}{3600} \right)$$

и обратный перевод (для печати),

- градусного представления (в виде трех числе: Г(градусы) - формат I5, М(минуты) - формат I3 и С(секунды) - формат F 6. 3) в радианное по формуле

$$t [\text{рад}] = \text{sign}[\Gamma] \frac{\pi}{180} \left(|\Gamma| + \frac{M}{60} + \frac{C}{3600} \right)$$

и обратный перевод,

- преобразования радианного представления в I6-разрядный двоичный код по формуле

$$\text{entier} \left(\frac{t \cdot 2^{15}}{\pi} + 0,5 \right)$$

и обратного преобразования.

Замечание. Часовое и градусное представление используется в операциях ввода (вывода), радианное - во внутренних операциях, двоичное - в операциях обмена с внешними устройствами.

I.7. Распечатка таблицы значений координат

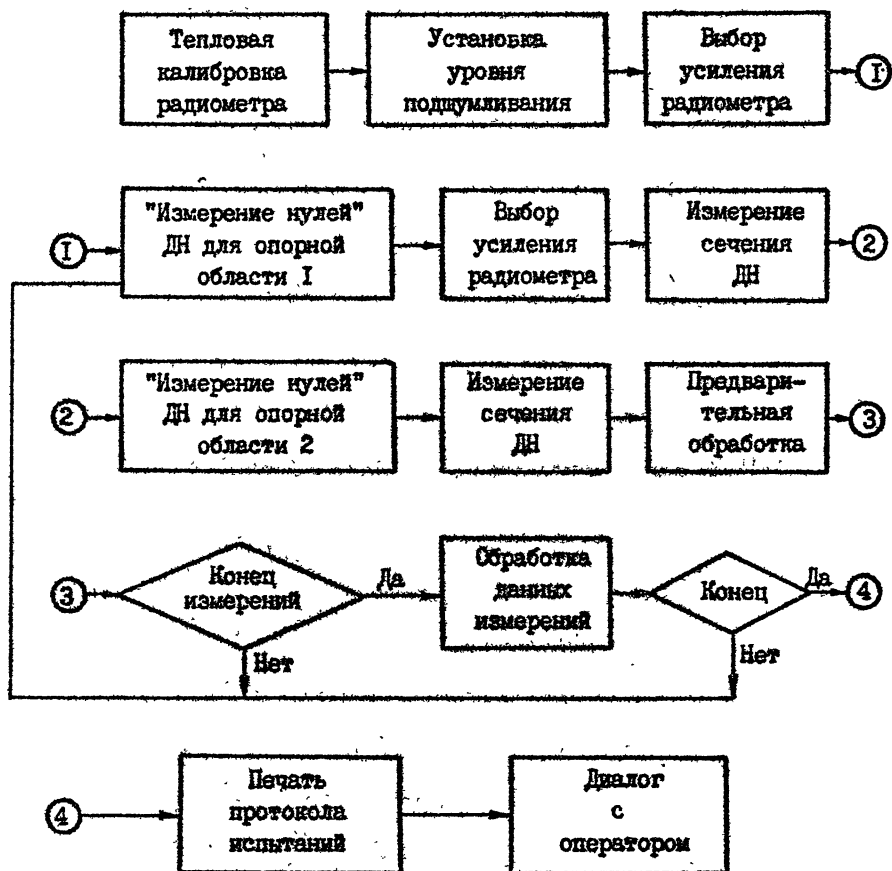
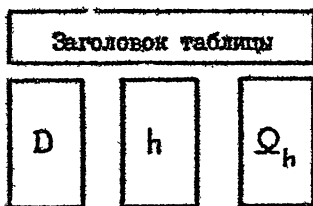
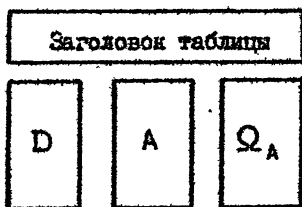
Входные значения:

- шифр источника,
- дата,
- D_1, D_2, hD - начальный и конечный моменты дискретного времени и шаг по времени,
- данные из массива исходных параметров: $\lambda_E, \varphi, N, \delta, \alpha$ и т.д.

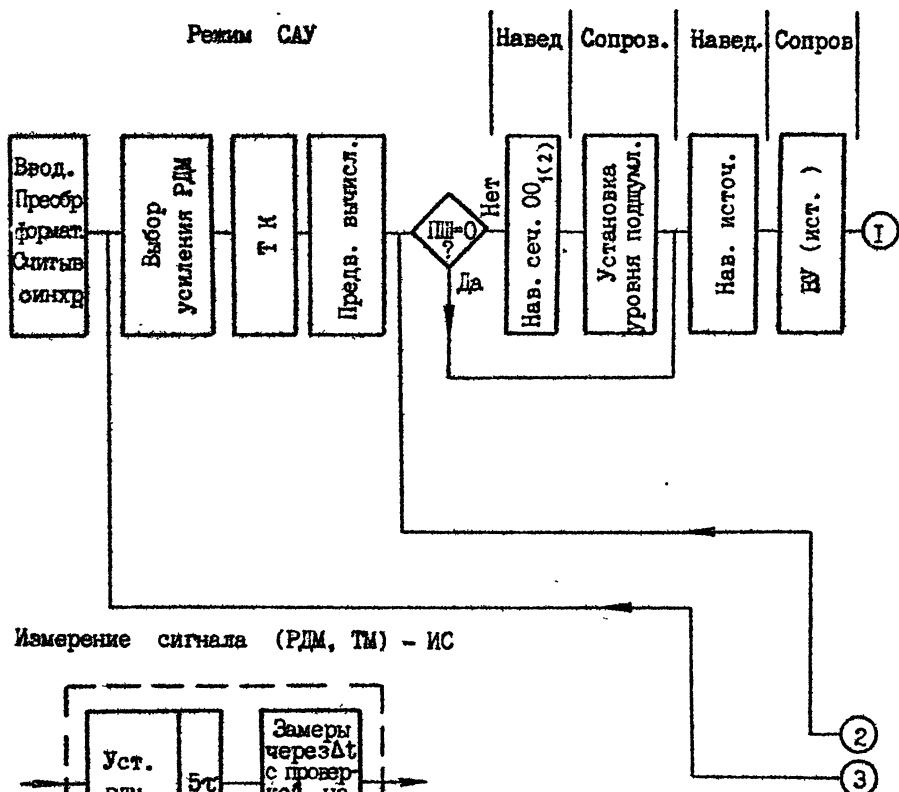
При работе программ "Расчет угловых координат источников" в автономном режиме предусмотрена печать входных значений, данных из массива исходных параметров и таблицы значений $D, A, \Omega_A, h, \Omega_h$ (A, h - градусы и минуты, $\Omega_A; \Omega_h$ - целое число угловых минут в минуту, D - с точностью до целых секунд).

В заголовке таблицы указываются дата, шифр источника, склонение ($\delta_{\text{ист}}$), прямое восхождение ($\alpha_{\text{ист}}$), географические координаты пункта (φ, λ_E).

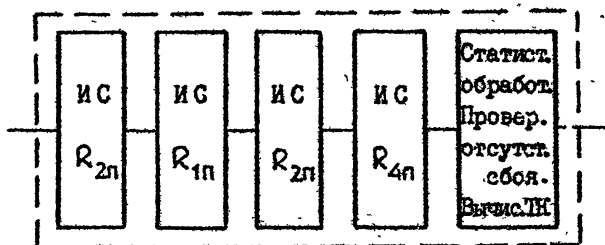
Таблица печатается так, чтобы её можно было разрезать на две части для операторов, ведущих отдельно антенну по азимуту и углу места:



Режим САУ

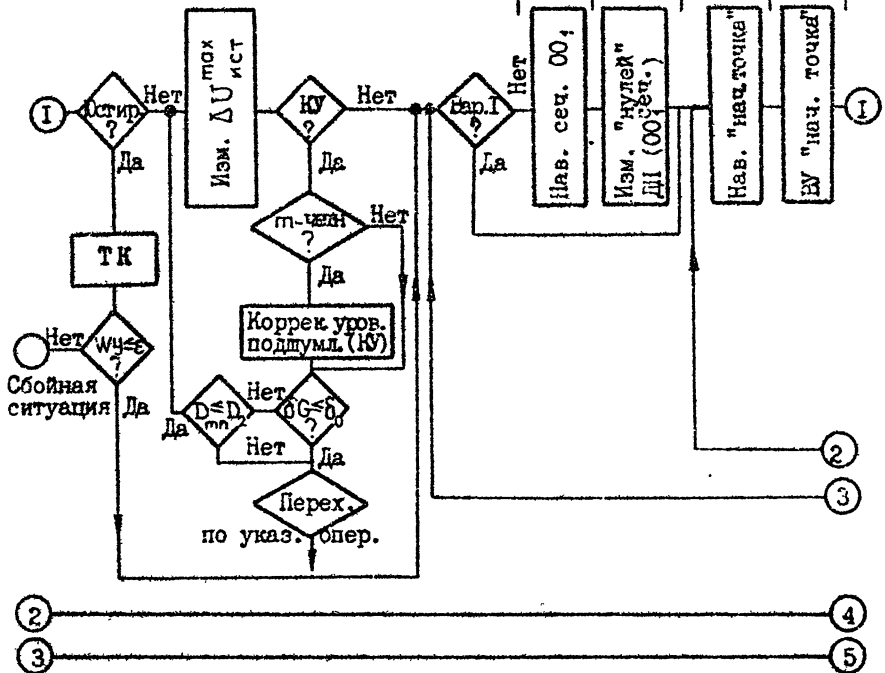


Тепловая калибровка РДМ (РДМ, ТМ) - ТК



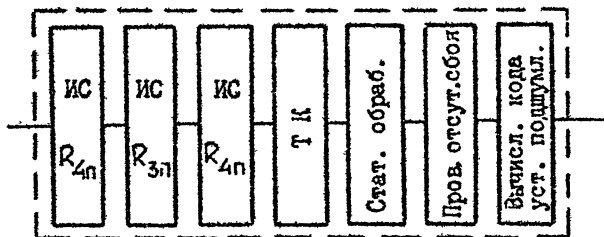
Режим САУ

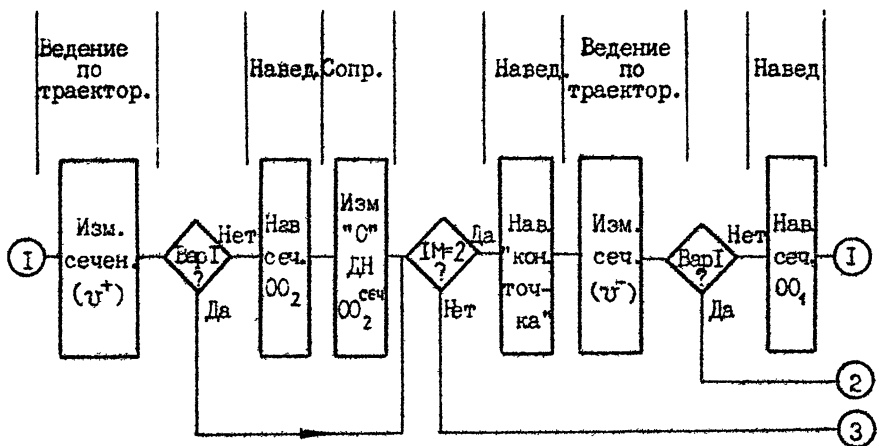
Навед. Сопров. Навед. Сопров.



Установка уровня поддумливания

Режим САУ
Наведение 00 (2)
Сопровождение 00 (2)



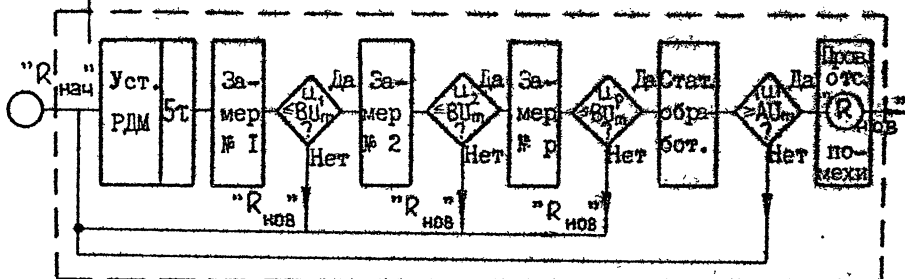


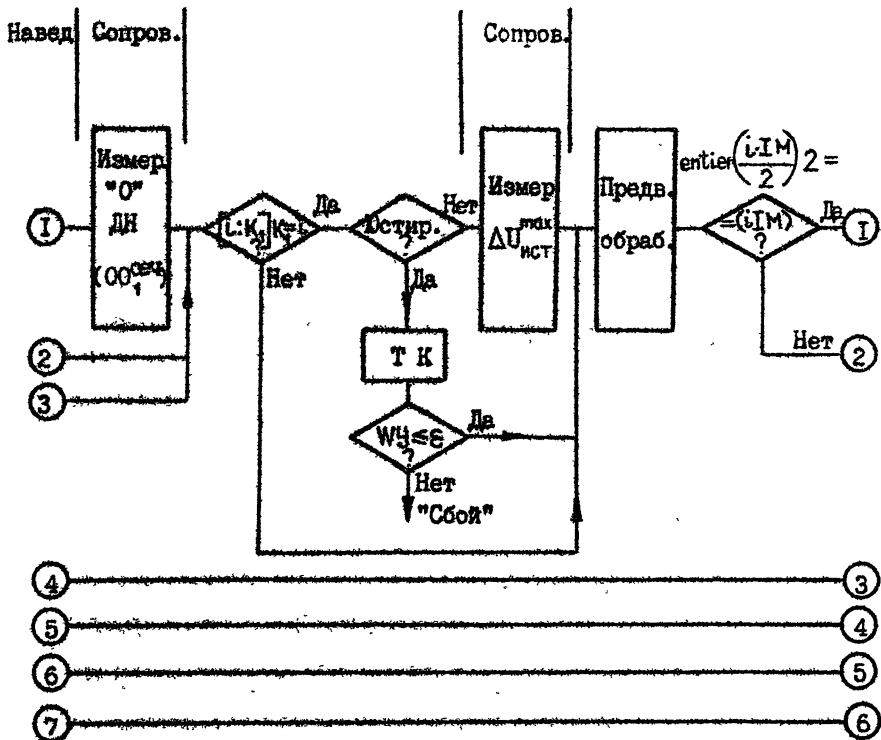
Выбор усиления РДМ (РДМ, ТМ)

Режим САУ Навед.*

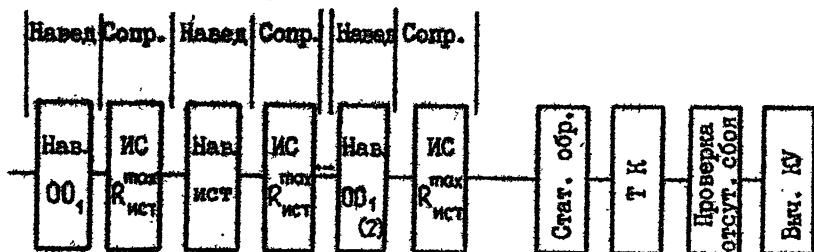
Сопровождение*

*) Если ком. входа РДМ на ант. тракт

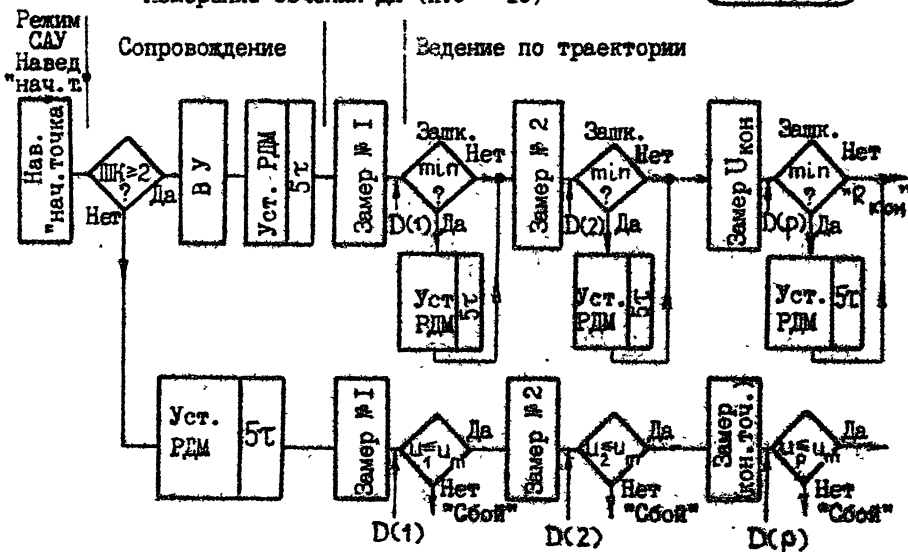
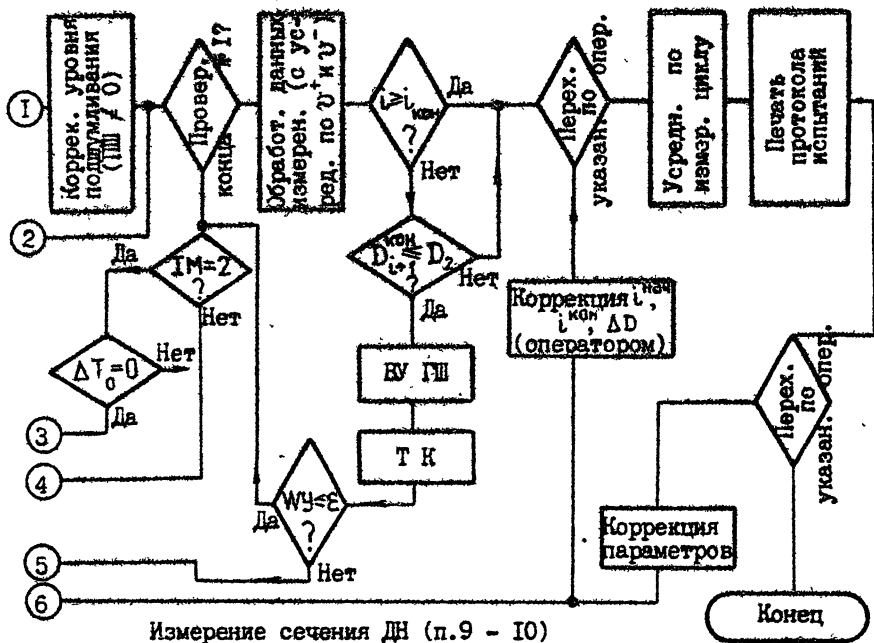




Измерение $\Delta U_{ист}^{max}$ (РДМ, ТМ, СМХ, САУ).



Режим САУ: Установка антенны в исходное состояние



СО Д Е Р Ж А Н И Е

ЧАСТЬ I

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИЗМЕРЕНИЕ РТХ АНТЕННЫ ПО ИЗЛУЧЕНИЮ ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ	6
1.1. Общие сведения	т 6
2. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДН И КУ АНТЕННЫ	7
2.1. Порядок действий при проведении эксперимента	II
3. ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭТАПОВ ЭКСПЕРИМЕНТА	13
3.1. Ввод исходных параметров (ИП)	13
3.2. Выбор усиления РДМ для измерения сигнала ГШ	16
3.3. Тепловая калибровка РДМ	18
3.4. Измерение сигнала	20
4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ	21
4.1. Выбор времени накопления (для звездного источника)	21
4.2. Оценка времени выполнения эксперимента	22
4.3. Наличие источника и опорных областей в секторе измерений	24
4.4. Проверка реализуемости заданной программы измерений	25
5. УСТАНОВКА УРОВНЯ ПОДДУМЛИВАНИЯ	37
5.1. Наведение антенны на область	37
5.2. Сопровождение области	39
5.3. Измерение уровня поддумливания	39
5.4. Проверка отсутствия дрейфа усиления РДМ	40
5.5. Проверка отсутствия помехи	40
5.6. Вычисление кода установки уровня поддумливания	40
ЛИТЕРАТУРА	41

ЧАСТЬ II

6. ВЫБОР УСИЛЕНИЯ РДМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ СИГНАЛА ИСТОЧНИКА В ПРЕДЕЛАХ ГЛАВНОГО ЛЕПЕСТКА ДН	3
7. ИЗМЕРЕНИЕ ПРИРАЩЕНИЯ ПОКАЗАНИЙ РДМ "ИСТОЧНИК - ОПОРНАЯ ОБ- ЛАСТЬ"	4
8. ИЗМЕРЕНИЕ "НУЛЕЙ" ДН	6
9. ВЫБОР УСИЛЕНИЯ РДМ	7

10. ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЯ ДН	8
10.1. Ведение по траектории	9
11. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕННОГО СЕЧЕНИЯ ДН	11
12. КОРРЕКЦИЯ УРОВНЯ ПОДШУМЛИВАНИЯ	12
13. ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ (ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДН)	14
14. ПРОВЕРКА КОНЦА ИЗМЕРЕНИЙ № 1	15
15. ПРОВЕРКА КОНЦА ИЗМЕРЕНИЙ № 2	16
15.1. Режим "Измерение КУ"	16
15.2. Режимы "Сечение ДН" и "2 ортогональных сечения"	16
15.3. Режим "Остировка"	17
16. ПЕЧАТЬ ПРОТОКОЛА ИСПЫТАНИЙ	17
17. СВОЙНАЯ СИТУАЦИЯ	22
18. ПЕЧАТЬ ПРИЧИНЫ СВОЯ	24
19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЦД АНТЕННЫ (η)	24
19.1. Порядок действий при выполнении эксперимента	24
19.2. Описание отдельных процедур эксперимента	25
ПРИЛОЖЕНИЕ	31
I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГРАММ РАСЧЕТА УГЛОВЫХ КО- Ординат внеземных источников излучения	31
I.1. Назначение	31
I.2. Исходные параметры для расчета координат	31
I.3. Расчет координат источников	32
I.4. Расчет экваториальных координат звездных источников	34
I.5. Расчет экваториальных координат Солнца	34
I.6. Операции преобразования форматов данных	35
I.7. Распечатка таблицы значений координат	36

Дата поступления статьи
3 декабря 1984 г.