

УДК 621.396.666 (8612) (045)

В. И. Рудаков, д-р техн. наук, ст. науч. сотр.

# АДАПТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИЕМНИКА ПО ТРОПОСФЕРНОМУ ФОКАЛЬНОМУ ПЯТНУ ОБЛУЧАТЕЛЯ АДАПТИВНОЙ АНТЕННЫ

Центральный научно-исследовательский институт вооружения и военной техники  
Вооруженных Сил Украины, Украина, Киев, 03049, Воздухофлотский проспект, 28

*Приведены доказательства возможности адаптивного контроля чувствительности приемника по тропосферному фокальному пятну облучателя адаптивной антенны, если функция распределения сигнал/шум контролируется адаптивно на входе приемника по оператору прогноза штатной предельной чувствительности приемника.*

**Ключевые слова:** адаптивная антенна, облучатель, фокальное пятно, чувствительность приемника.

**Введение и постановка задачи.** Известно [1; 3; 4; 7], что адаптивный контроль осуществляется по максимуму информационной целевой функции станции цифровой тропосферной связи (СЦТС) (рис. 1) с помощью устойчивого, быстросходящегося алгоритма, который обеспечивает заданную точность стабилизации по информационному оператору прогноза апостериорной ошибки  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}]$  (прогнозируемая вероятность превышения выбросами случайного процесса  $[(Y_{\text{кр}_i}) \leq (Y_{\text{кр}_i}^{\text{апост}})]$  порога приемника СЦТС для трех режимов работы «линейное сложение», «оптимальное сложение», «автовывбор»), задаваясь необходимой точностью стабилизации оператора прогноза ошибки  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}]$  (рис. 2) при поиске глобального максимума по двум операторам прогноза  $\Delta G_{\text{к.у}}$  (потери усиления антенн),  $\Delta V_{\text{б.з.м.з}}$  (запас на быстрые и медленные замирания) при тропосферном распространении радиоволн (ТРР). Информационный оператор прогноза ошибки  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}]$  определяется при этом как отношение прогнозируемой длительности времени превышения выбросами шума порога приемника к прогнозируемой длительности выборки сигнала, или отношение прогнозируемого числа интервалов превышения сигнала порога приемника к прогнозируемому количеству интервалов квантования сигнала:

$$[P_{\text{ош}}^{\text{апост}} = \frac{T_{\text{в}}}{T} = \frac{N}{N_0}], \quad (1)$$

где  $[T]$  – прогнозируемая длительность выборки;  $[T_{\text{в}}]$  – прогнозируемое время превышения выбросами шума порога приемника;  $[N_0]$  – прогнозируемое количество интервалов квантования;  $[N]$  – прогнозируемое количество интервалов, в течение которых наблюдается превышение порога приемника.

Задачу исследования в этом случае будет определение оператора прогноза распределения шумов на входе приемника  $[R_{\text{ш}}(V_i V_j)]$  в зависимости от адаптивных весовых коэффициентов  $V_i, V_j$ , который контролирует информационную надежность СЦТС по оператору прогноза  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}]$  в виде апостериорной ошибки  $P_{\text{ош}}^{\text{апост}}$  с учетом оценочной функции  $Y_{\text{кр}_i}^{\text{апост}}$  (1), определяющейся энергетическими параметрами СЦТС в виде тропосферных фокальных пятен антенны  $I_{\text{з тр}_i}^{\text{а}}$  и облучателя антенны  $I_{\text{з тр}_j}^{\text{о}}$ . В этом случае по ошибке  $P_{\text{ош}}^{\text{апост}}$  необходимо учитывать знак рассогласования и амплитуду сигнала, что обеспечит быструю сходимость, например, рекуррентного адаптивного алгоритма адаптации (рис. 2) [1; 3; 4 – 8]. Поэтому и возникает необходимость контроля и управления скоростью сходимости рекуррентного адаптивного алгоритма адаптации, что составляет научную задачу исследования и цель этой научной работы. Для решения поставленной научной задачи используются методы адаптации, которые применяются в поисковых задачах

нахождения глобальных максимумов и одновременного исследования функционалов поиска глобального максимума на унимодальность.

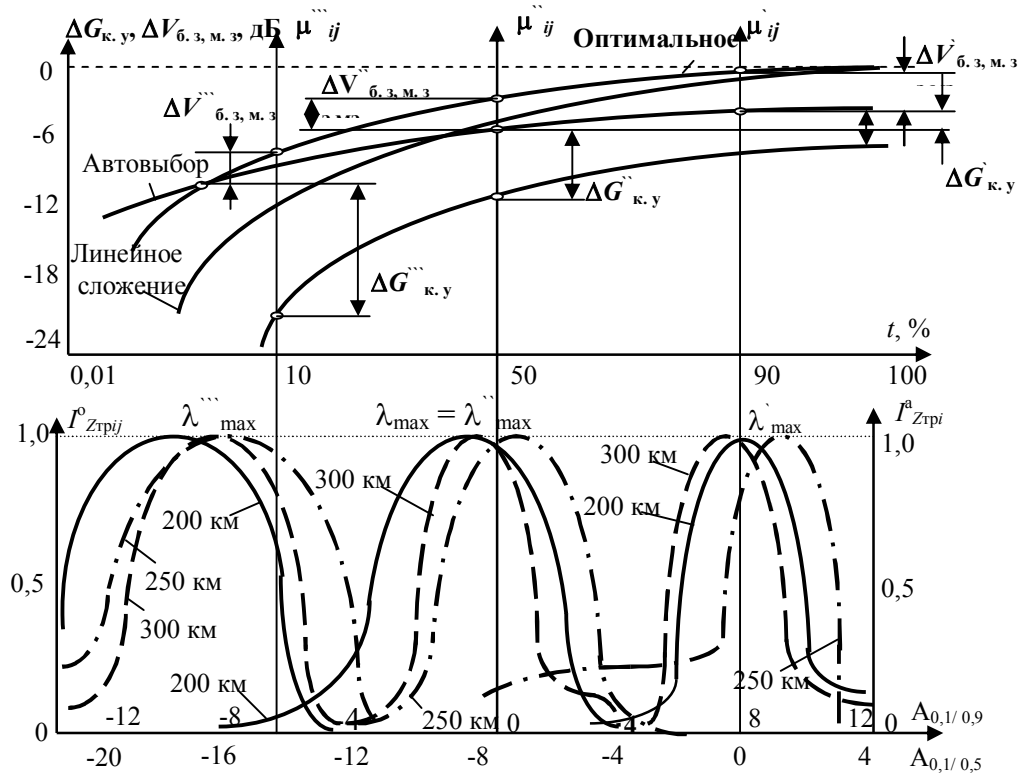


Рис. 1. Поиск глобального максимума целевой функции

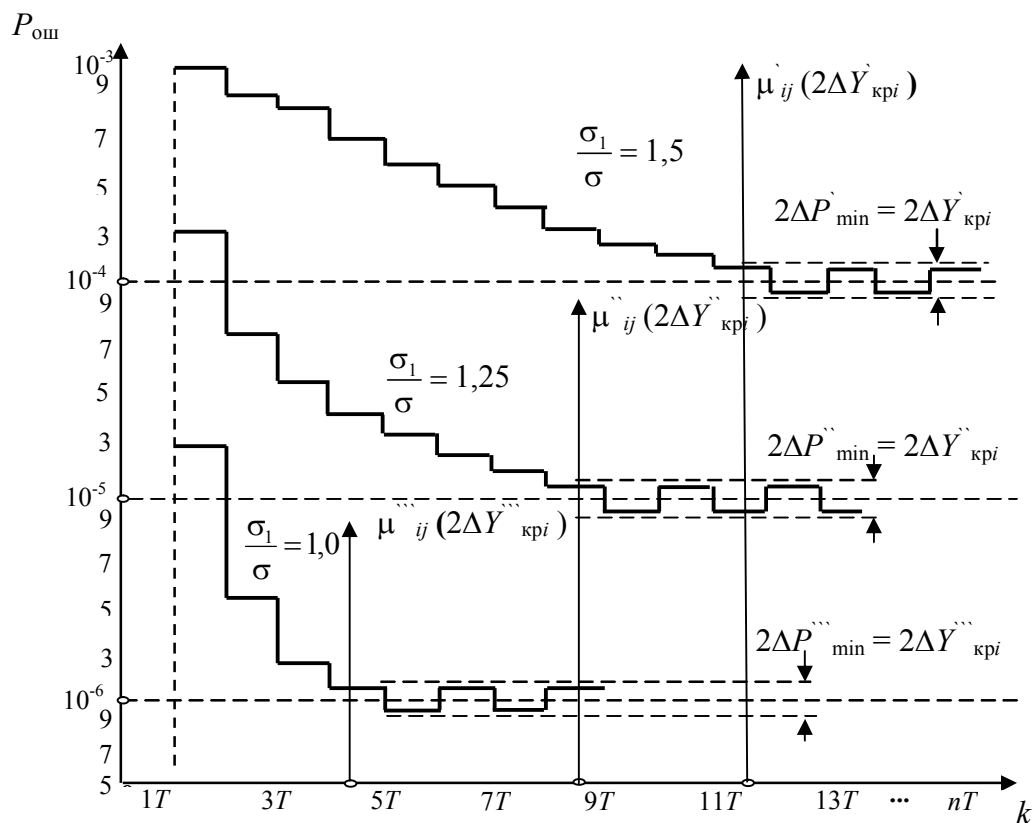


Рис. 2. Определение  $P_{ош}$  при адаптивном изменении уровня порога приемника и количества итераций  $k$

**Применение численных методов минимакса.** Решение научной задачи начинается с рассмотрения поведения двух операторов прогноза  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}(E, \sigma)]$  и  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}(E_0, \sigma_0)]$  при малых отклонениях от точки контроля параметров с использованием численных методов минимакса. Для этого два оператора прогноза представляются в виде [1 – 5]:

$$\min \max [P_{\text{ош}}^{\text{апост}}(E, \sigma_0) = P_{\text{ош}_0}^{\text{апост}}(E_0, \sigma_0) + \left. \frac{\partial P}{\partial E} \right|_{E_0} (\delta E) + \sum_{k=2}^{\infty} \left. \frac{\partial^k P}{\partial E^k} \right|_{E_0} (\delta E)^k]; \quad (2)$$

$$\min \max [P_{\text{ош}}^{\text{апост}}(E, \sigma) = P_{\text{ош}_0}^{\text{апост}}(E_0, \sigma_0) + \left. \frac{\partial P}{\partial E} \right|_{\sigma_0} (\delta \sigma) + \sum_{k=2}^{\infty} \left. \frac{\partial^k P}{\partial E^k} \right|_{\sigma_0} (\delta \sigma)^k], \quad (3)$$

где  $[\delta E \left( \left[ \frac{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{а}}} \right], [A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}] \right)]$  – адаптивно регулируемые изменения операторов прогноза  $[E([A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}} - \text{тропосферного сигнала}], [\beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}} - \text{угла прихода тропосферных волн}])]$ ,  $[E_0([I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{о}} - \text{тропосферного фокального пятна облучателя радиоинтерферометра (РИ)], [I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{а}} - \text{тропосферного фокального пятна антенны}])]$  адаптивной антенны;  $[\delta \sigma \left( \left[ \frac{I_{z_{\text{тр РИ}}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр РИ}}}^{\text{а}}} \right], [\beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}] \right)]$  – адаптивно контролируемые изменения операторов  $[\sigma([A_{\text{РИ}} - \text{тропосферного сигнала}], [\beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}} - \text{угла прихода тропосферных волн}])]$ ,  $[\sigma_0([I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{о}} - \text{тропосферного фокального пятна облучателя}], [I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{а}} - \text{тропосферного фокального пятна антенны РИ}])]$  тропосферного фокального пятна облучателя адаптивной антенны [1; 3; 8].

**Применение теории адаптивного контроля чувствительности приемника.** Ограничиваясь линейным приближением в разложениях (2), (3), определяется чувствительность приемника по адаптивно контролируемому ( $[\theta_{\sigma}]$ ) и адаптивно регулируемому ( $[\theta_E]$ ) параметрам [1; 2], соответственно для мгновенных изменений операторов  $\min \max [A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}]$ ;  $[\beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}]$ ,  $[I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{о}}]$ ,  $[I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{а}}]$ , представленных такими выражениями согласно [1 – 10]

$$\left[ \theta_{\sigma_0} \left( \Delta G_{\text{к. у РИ}}^{\text{апост}} = \frac{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{а}}} \right) = \left. \frac{\partial P}{\partial E(V_{ij})} \right|_{\sigma_0} \right], \quad (4)$$

где  $[\theta_{\sigma_0}]$  – адаптивно контролируемая чувствительность приемника по величине потерь усиления адаптивной антенны;

$$\left[ \theta_{E_0} \left( \Delta V_{\text{б. з. м. з}}^{\text{апост}} = \frac{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{а}}} \right) = \left. \frac{\partial P}{\partial E(V_{ij})} \right|_{E_0} \right], \quad (5)$$

где  $[\theta_{E_0}]$  – адаптивно регулируемая чувствительность приемника по величине запаса на быстрые и медленные замирания сигнала в адаптивной антенне при условии, что выполняется равенство сигналов на выходе антенны и приемника:

$$[\theta_{\sigma_0} (\Delta G_{\text{к. у РИ}}^{\text{апост}})]_{\sigma_0} = [\theta_{E_0} (\Delta V_{\text{б. з. м. з}}^{\text{апост}})]_{E_0}].$$

Это равенство математически выполняется, когда должна устраняться в режиме функционирования СЦТС методологическая разница между значениями операторов прогноза потерь усиления антенн  $[\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апр}}]$ ,  $[\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апост}}]$ , операторов прогноза быстрых и медленных замираний сигнала  $[\Delta V_{\text{б. з. м. з}}^{\text{апр}}]$ ,  $[\Delta V_{\text{б. з. м. з}}^{\text{апост}}]$  и их оценочными функциями по условиям их невырожденности и необходимой достаточности (4), (5) [1 – 5; 8]. В этом случае на основании уравнений (4), (5) [1; 6 – 10] справедливо равенство для численных методов минимакса, когда функционально связаны вероятность ошибки  $P_{\text{ош}}^{\text{апост}}$  и глобальный максимум  $\lambda_{\text{max}}$  приема сигнала при предельной чувствительности приемника СЦТС  $\Delta E$ , которое выполняется при функционировании СЦТС

$$\min \max \{ [P_{\text{ош}}^{\text{апост}}] \} = f([ \lambda_{\text{max}} ], [ \Delta E ]), \quad (6)$$

и выполняется согласно работ [1; 8] следующее равенство операторов:

$$\min \max [ \Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апост}} ( [ I_{z_{\text{тр РИ}}}^{\text{о}} ] ) ] = \min \max [ \Delta V_{\text{б. з. м. з}}^{\text{апост}} ( [ I_{z_{\text{тр РИ}}}^{\text{о}} ] ) ]. \quad (7)$$

Тогда теоретически условия адаптивного контроля по операторам  $[ \theta_{\sigma} ]$  и  $[ \theta_E ]$  согласно работ (6), (7) [1 – 10] таковы:

$$[ \theta_{\sigma_0} ( I_{z_{\text{тр РИ}}}^{\text{о}} ) ] = \frac{1}{E_0(W_{ij})} \left( \frac{E_0(W_{ij})}{\sigma_0(\beta_{\text{тр}})} \right)^3 \exp \left( - \frac{E_0^2(W_{ij})}{2\sigma_0^2(\beta_{\text{тр}})} \right) = \left[ \frac{x_0^3}{E_0(W_{ij})} \exp \left( - \frac{x_0^2}{2} \right) \right]; \quad (8)$$

$$[ \theta_{E_0} ( I_{z_{\text{тр РИ}}}^{\text{о}} ) ] = \frac{1}{E_0(V_i V_j)} \left( \frac{E_0(V_i V_j)}{\sigma_0(\beta_{\text{тр}})} \right)^2 \exp \left( - \frac{E_0^2(V_i V_j)}{2\sigma_0^2(\beta_{\text{тр}})} \right) = \left[ - \frac{x_0^2}{E_0(V_i V_j)} \exp \left( - \frac{x_0^2}{2} \right) \right], \quad (9)$$

где  $[x_0] = [E(A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}})] / [\sigma_0(\beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}})] = [Y_{\text{кр}_{ij}}^{\text{апост}}]$ ;  $W_{ij}$  – адаптивные весовые коэффициенты приемника СЦТС;  $V_i$  и  $V_j$  – адаптивные весовые коэффициенты адаптивной антенны СЦТС.

На основании выражений (2) – (9) адаптивные поправки к очередному значению порога приемника по адаптивно регулируемому оператору рассогласования контролируются следующим образом:

$$\left[ \Delta E \left\{ A(V_i V_j), \beta(W_i^T W_j^T) \right\} \right] \cong \frac{\Delta P}{\theta_{E_0}} = \left[ -E_0 \frac{\Delta P}{x_0^2 \exp(-x_0^2/2)} \right]. \quad (10)$$

**Применение операторов прогноза.** Для малых значений (10) оператора  $[E_0[A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}_0}, \beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}_0}]]$  незначительная погрешность адаптивной установки порога приемника приводит к большим отклонениям оценки информационной надежности по оператору  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}]$ . Поэтому в процессе адаптации оператор  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}]$  на  $k$ -й итерации контролируется, как показано на рис. 2, в соответствии с контрольными мгновенными значениями операторов  $\min \max [ I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{о}} ]$  и  $\min \max [ I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{а}} ]$ , представленными оператором

$$\min \max [ P_{\text{ош}_k}^{\text{апост}} = \exp \left( - \frac{1}{2\sigma_1^2} \left( E_0(V_i V_j) + \sum_{i=1}^k \Delta E_i (W_i^T W_j^T) \right)^2 \right) ], \quad (11)$$

где

$$\left\{ \begin{aligned} \Delta E_i [\Delta V_{\text{б.з., м.з.}}^{\text{апост}} (V_i V_j), \Delta G_{\text{к.у.р.и}}^{\text{апост}} (W_i^T W_j^T)] &= [\Delta P_{i-1} / \theta_{E_{i-1}}]; \\ = \Delta P_{i-1} / \theta_{E_{i-1}} &= \frac{\Delta N_i (V_i V_j; W_i W_j)}{N_0 (V_i V_j; W_i^T W_j^T) \theta_{E_{i-1}} (A_{\text{тр.р.и}}^{\text{апост}})} \end{aligned} \right\} - \text{функциональная зависимость}$$

адаптивно управляемой чувствительности приемника СЦТС от изменения одновременно двух операторов потерь усиления антенн  $[\Delta G_{\text{к.у.р.и}}^{\text{апост}}]$ ,  $[\Delta G_{\text{к.у.р.и}}^{\text{апост}}]$  и двух операторов прогноза быстрых и медленных замираний сигнала  $[\Delta V_{\text{б.з., м.з.}}^{\text{апост}}]$ ,  $[\Delta V_{\text{б.з., м.з.}}^{\text{апост}}]$ , т. е. на выходе адаптивной антенны и адаптивного приемника СЦТС;

$[\theta_{E_{i-1}} (A_{\text{тр.р.и}}^{\text{апост}}), [\beta_{\text{тр.р.и}}^{\text{апост}}]]$  – адаптивно контролируемый оператор при выполнении равенства  $[\sigma([\beta_{\text{тр}}])] = [\sigma_1([\beta_{\text{тр}_1}])]$ .

В этом случае количество шагов итерации  $k$  для адаптивной установки порога приемника по условию  $\min \max \{ [P_{\text{ош}}^{\text{апост}}] \} = f([\lambda_{\text{max}}]; [\Delta E])$ , если  $\min \max [\Delta G_{\text{к.у.р.и}}^{\text{апост}} (I_{z_{\text{тр.р.и}}}^{\text{о}})] = \min \max [\Delta V_{\text{б.з., м.з.}}^{\text{апост}} (I_{z_{\text{тр.р.и}}}^{\text{о}})]$ , определяется выражением

$$[\sum_{i=1}^k \Delta E_0 (A_{\text{тр.р.и}}^{\text{апост}})] \approx E_1 \left( \frac{I_{z_{\text{тр}_1}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр}_1}}^{\text{а}}}, A_{\text{тр.р.и}_1}^{\text{апост}} \right) - E_0 \left( \frac{I_{z_{\text{тр}_0}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр}_0}}^{\text{а}}}, A_{\text{тр.р.и}_0}^{\text{апост}} \right) = E_0 \left[ \frac{\sigma_1(\beta_{\text{тр.р.и}_1}^{\text{апост}})}{\sigma(\beta_{\text{тр.р.и}_0}^{\text{апост}})} - 1 \right]. \quad (12)$$

Уточненные результаты оценки адаптивного управления по оператору  $[P_{\text{ош}}^{\text{апост}}]$  с помощью рекуррентного алгоритма адаптации (12) представлены на рис. 2. При технической реализации этого алгоритма были учтены конкретные виды законов изменения тропосферных сигналов (законы Релея, Райса, Накагами, трехпараметрический закон, законы усеченно-нормальный и логарифмически-нормальный). Значения адаптивно регулируемого оператора  $[\theta_E]$  записываются в постоянное запоминающее устройство СЦТС [1 – 5; 7 – 10] для обеспечения точности регулирования.

**Применение двухконтурной обработки сигналов.** Контроль одновременной обработки сигнала на выходе антенны и приемника с помощью двух операторов прогноза требует наличия двух контуров адаптации для одновременного контроля и определения равенства двух операторов

$$[\max \min \{ P_{\text{л. инф}}^{\text{апост}} \}] = f(Y_{\text{кр}_{ij}}) = [\max \min Y_{\text{кр}_{ij}}^{\text{апост}}], P_{\text{ош}_{ij}} = [\max \min P_{\text{ош. мин}}^{\text{апост}}].$$

При этом весовые векторы-коэффициенты  $\{V_i V_j\}$  первого контура адаптации определяют начальный базис-матрицу пространственно-временных каналов разнесения

(ПВКР) с весовыми коэффициентами  $[W_{ki}]$  одновременно по операторам  $[\delta E(\frac{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр}}}^{\text{а}}}; [A_{\text{тр.р.и}}^{\text{апост}}])]$

адаптивной антенны и операторам  $[\delta \sigma(\frac{I_{z_{\text{тр.р.и}}}^{\text{о}}}{I_{z_{\text{тр.р.и}}}^{\text{а}}}, \beta_{\text{тр.р.и}}^{\text{апост}})]$  облучателя адаптивной антенны [1; 3; 8].

Это позволяет на выходе приемника контролировать законы распределения быстрых и медленных замираний сигнала, представленные на рис. 3 и 4 с большой степенью точности. Такая точность обеспечивается с помощью контроля тропосферного фокального пятна облучателя  $[I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{о}}]$  и тропосферного фокального пятна антенны  $[I_{z_{\text{тр}_{ij}}}^{\text{а}}]$ .

При тропосферном распространении радиоволн рассматривается такое явление, как мгновенное изменение диаграммы направленности антенн. Поэтому рассматриваются

мгновенные значения операторов  $\min\max[I_{z_{\text{тр}ij}}^o]$  и  $\min\max[I_{z_{\text{тр}ij}}^a]$ , представленные выражением (11) и на рис. 5.

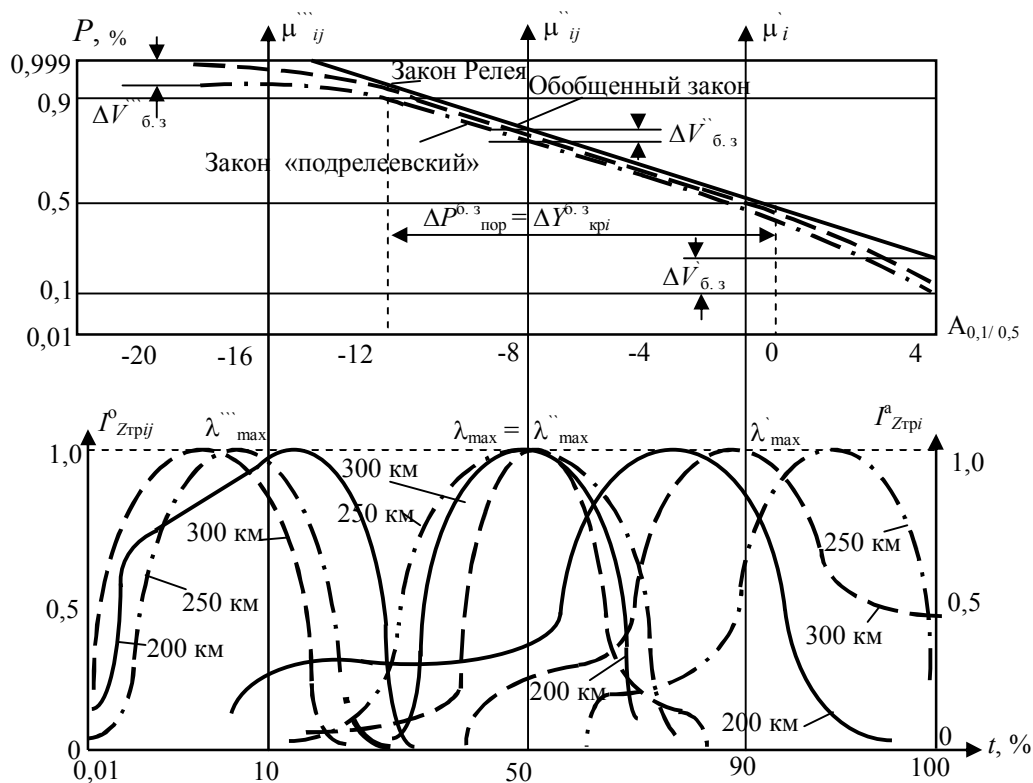


Рис. 3. Определение законов распределения быстрых замираний сигнала  $\Delta V_{б.з}$  для СЦТС с адаптивной антенной

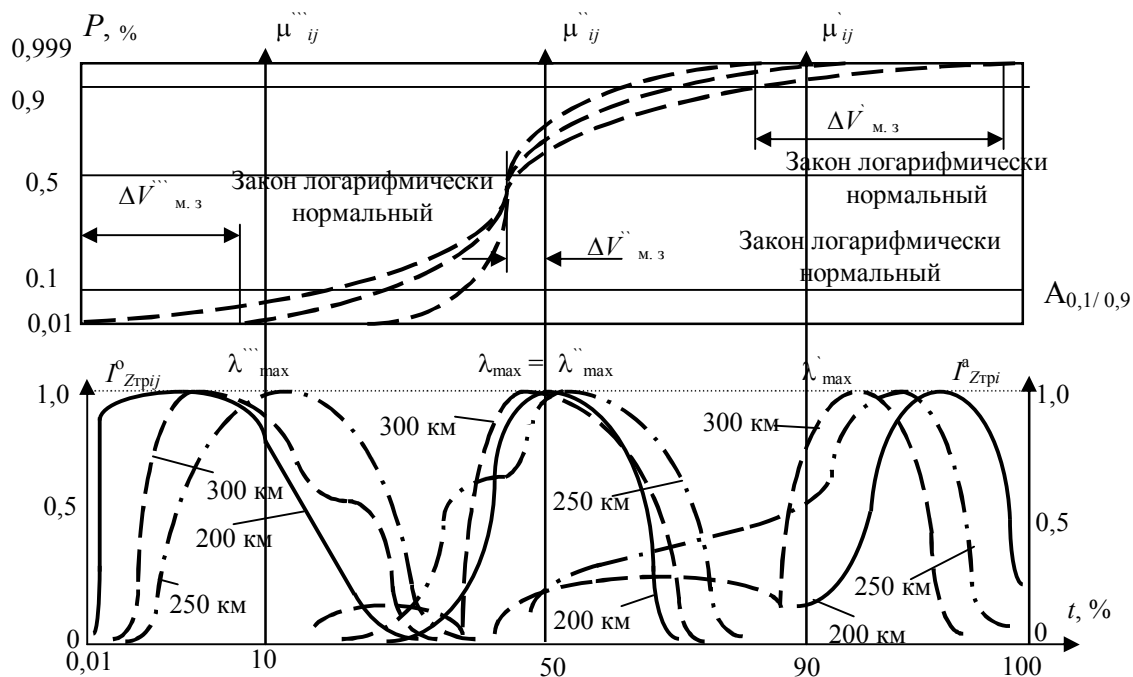


Рис. 4. Определение законов распределения медленных замираний сигнала  $\Delta V_{м.з}$  для образца СЦТС с адаптивной антенной

Совмещенные законы мгновенных распределений быстрых и медленных замираний  $\Delta V_{б.з.м.з}$  в СЦТС с адаптивной антенной, которая позволяет за счет использования двух контуров адаптации одновременно контролировать и управлять законами мгновенного распределения быстрых и медленных замираний и потерями коэффициента усиления антенн проиллюстрированы на рис. 5 [4 – 8].

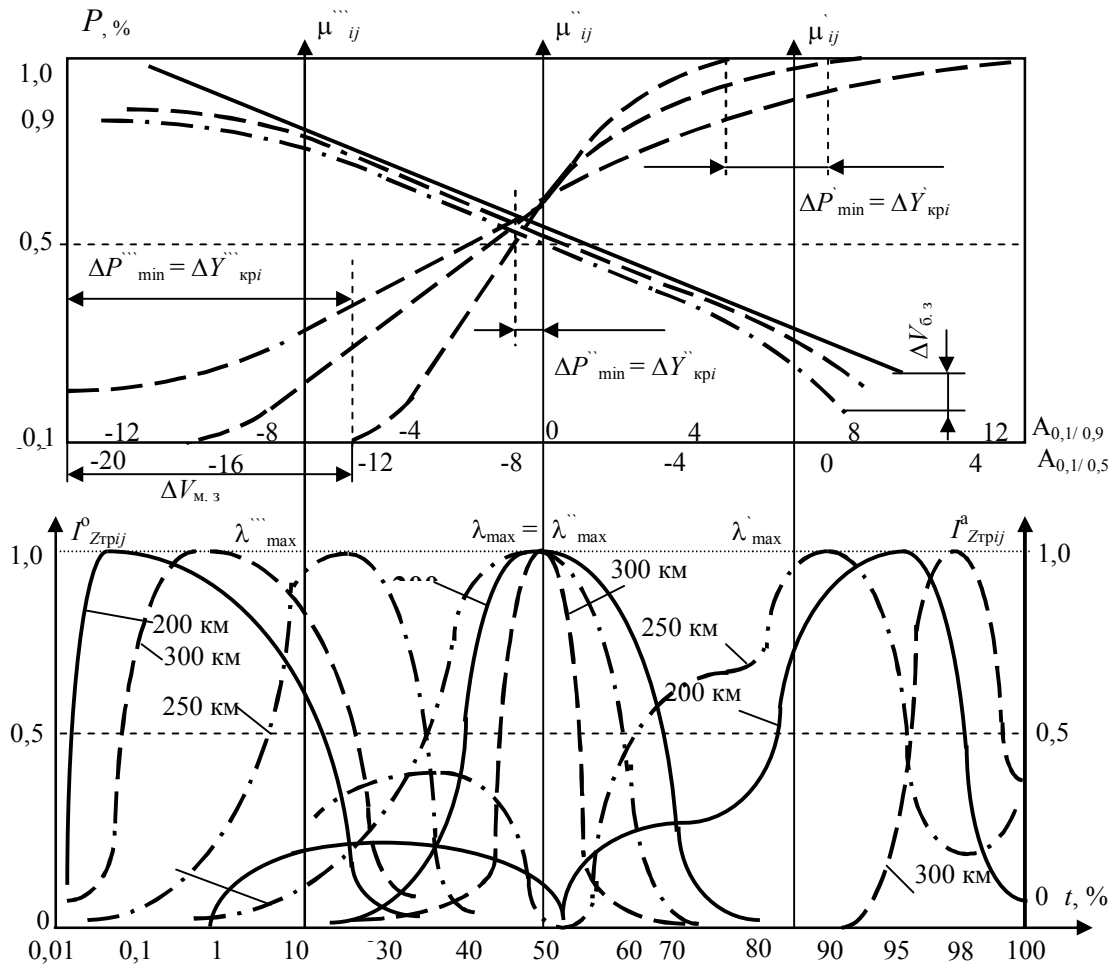


Рис. 5. Определение изменения законов распределения  $\Delta V_{б.з.м.з}$  по «мгновенному» изменению

$$I_{z_{trij}}^o \text{ и } I_{z_{trij}}^a \text{ в адаптивной антенне}$$

Совмещенные законы мгновенных распределений быстрых и медленных замираний  $\Delta V_{б.з.м.з}$  и потерь усиления антенн в СЦТС с адаптивной антенной при двухконтурной обработке сигналов для трех режимов функционирования приемника «линейное сложение», «оптимальное сложение», «автовывбор», что позволяет за счет использования двух контуров адаптации одновременно контролировать и управлять законами мгновенного распределения быстрых и медленных замираний и потерями коэффициента усиления антенн в трех режимах функционирования СЦТС одновременно показаны на рис. 6 [4 – 10].

**Применение рекуррентного адаптивного алгоритма.** В соответствии с двухконтурной обработкой сигналов первый рекуррентный адаптивный алгоритм контроля адаптивной чувствительности приемника в первом контуре адаптации реализуется при равенстве операторов

$$Z_Y^{анр} [\max \min \Delta G_{к.у.р.и}^{анр} (I_{тр.р.и}^{анр}, I_{тр.р.и}^{оанр})] = Z_Y^{апост} [\max \min \Delta G_{к.у.р.и}^{апост} (I_{тр.р.и}^{апост}, I_{тр.р.и}^{оапост})].$$

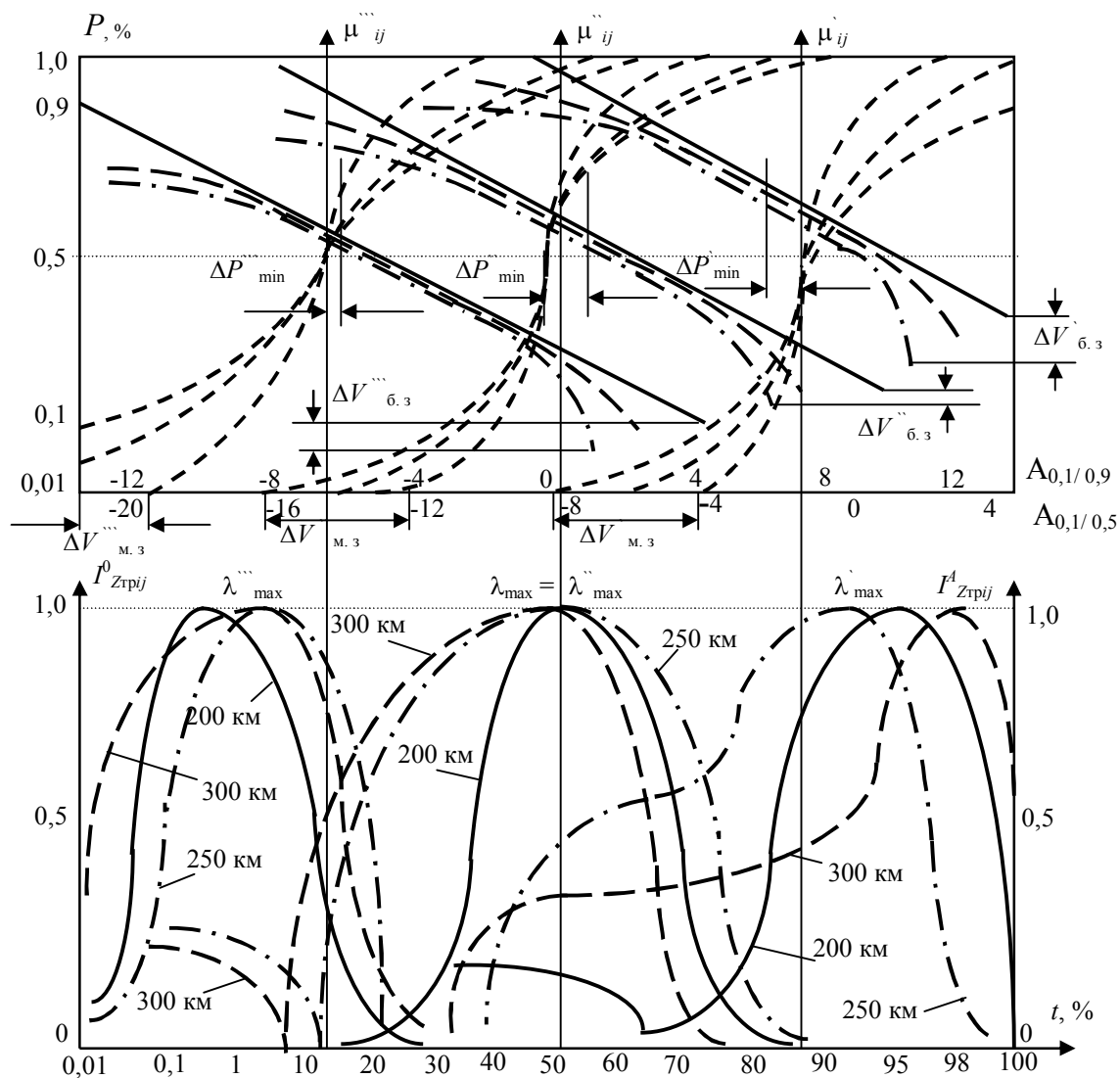


Рис. 6. Определение изменения уровня порога приемника  $\Delta P_{\min}$  в зависимости от законов изменения  $\Delta V_{\text{б.з.м.з}}$  и  $I^0_{ztrij}$  и  $I^a_{ztrij}$

Величина апостериорной предельной чувствительности приемника  $[\min \max \Delta E_i^{\text{апост}}]$  определяется регулируемыми параметрами адаптации  $(\theta_\sigma)$  и  $(\theta_E)$  во втором контуре адаптации согласно второму рекуррентному адаптивному алгоритму одновременно с использованием весовых коэффициентов  $\{V_i, V_j\}$  в первом контуре адаптации, что позволяет определить изменение законов апостериорного распределения быстрых и медленных замираний сигналов при ТРР при равенстве операторов:

$$Z_X^{\text{апр}}[\max \min \{\Delta V_{\text{б.з.м.з}}^{\text{апр}}(A_{\text{тр.ри}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр.ри}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр.ри}}^{\text{о.апр}})\}] = Z_X^{\text{апост}}[\max \min \{\Delta V_{\text{б.з.м.з}}^{\text{апост}}(A_{\text{тр.ри}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр.ри}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр.ри}}^{\text{о.апост}})\}].$$

**Применение теории оптимального приема.** Если изменение законов апостериорного распределения сигнала контролируется равенством операторов

$$Z_Y^{\text{апост}}[\max \min \{\Delta G_{\text{к.у.ри}}^{\text{апост}}\}] = Z_X^{\text{апост}}[\max \min \{\Delta V_{\text{б.з.м.з}}^{\text{апост}}(A_{\text{тр.ри}}^{\text{апост}})\}],$$

то для СЦТС каждый итерационный шаг определяет оптимальный уровень сигнала при ТРР



по изменению оператора прогноза по показателю  $\Xi_{\text{пок}}$  (эффективность контроля)

$$[[\Xi_{\text{пок}_i}^{\text{опт}}] = [\max \min \{ \Xi_{\text{пок}_i}^{\text{опт}} (X_{ni} / A_{\text{тр РИ}_i}^{\text{апост}}); Y_{\text{кр}_i}; \sigma_i^{\text{апост}}; \Delta T_i = \text{const} \}].$$

На новом итерационном шаге определяется оптимальный оператор информационный надежности  $[\max \min P_{\text{л. инф}}^{\text{опт}}]$

$$[\max \min \{ P_{\text{л. инф}}^{\text{апост}} \}] = f(Y_{\text{кр}_{ij}} = [Y_{\text{кр}_{ij}}^{\text{апост}}], P_{\text{ош}_{ij}} = [\max \min P_{\text{ош. min}}^{\text{апост}}])$$

и новые значения величин  $[W_{K_i}]$  и  $[\Delta \Xi_{\text{пок}_{ij}}^{\text{опт}}]$ , а функционал оптимального управления представляется оператором

$$[\bar{\Xi}_{\text{пок}_{ij}}^{\text{опт}} = (\bar{W}_1^T X_n / A_{\text{тр РИ}_i}^{\text{апост}} - \Delta \bar{T}_{ij} Y_{\text{кр}_i}^{\text{апост}} \bar{W}_2^X X_{\sigma, E})],$$

где  $\bar{W}_1^T$  – транспонированный вектор-столбец весовых коэффициентов тропосферных сигналов в первом контуре адаптации размерностью  $\{V_i \times V_j\}$ ;  $\bar{W}_2^X$  – матрица весовых коэффициентов тропосферных сигналов в РИ размерностью  $\{V_i \times V_{ij}\}$  во втором контуре адаптации;  $[\bar{W}_1^T X_{ni} / A_{\text{тр. РИ}_{ij}}^{\text{апост}}]$  – среднее за время адаптации  $\Delta \tau_{\text{ад}}$  (время селективных замираний) значение суммарного тропосферного сигнала во втором контуре адаптации согласно изменению  $X, \sigma, E(\mu_1, \mu_2, \mu_3)$   $[1-4; 8-10]$ .

**Применение пространственно-временного разнесения сигналов.** Алгоритм оптимального подключения пространственно-временных каналов разнесения (ПВКР) с адаптивным контролем и управлением сигнала по служебным каналам СЦТС имеет такую последовательность операций: начало итерации – к весовому вектору-коэффициенту  $W_K$  прибавляется случайное приращение  $\Delta W_{K_i}$ , которое определяется критериями максимального отношения сигнал/шум (МОСШ) и ПЧП.

Случайное приращение  $\Delta W_{K_i}$  контролируется с помощью априорных и апостериорных операторов

$$Z_X^{\text{апр}} [\max \min \{ \Delta V_{\text{б. з. м. з.}_i}^{\text{апр}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}) \}];$$

$$Z_X^{\text{апост}} [\max \min \{ \Delta V_{\text{б. з. м. з.}_i}^{\text{апост}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}) \}];$$

а также их оценочных функций

$$\Delta V_{\text{б. з. м. з.}}^{\text{апр}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}), \Delta V_{\text{б. з. м. з.}}^{\text{апост}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}});$$

$$\Delta G_{\text{к. у РИ}}^{\text{апр}} (I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}), \Delta G_{\text{к. у РИ}}^{\text{апост}} (I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}),$$

определяющихся требованиями достаточности и невырожденности с помощью равенства комбинаторных пар операторов

$$Z_X^{\text{апр}} [\max \min \Delta V_{\text{б. з. м. з.}}^{\text{апр}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}})] = Z_Y^{\text{апр}} [\max \min \Delta G_{\text{к. у РИ}}^{\text{апр}} (I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}})];$$

$$Z_X^{\text{апр}} [\max \min \Delta V_{\text{б. з. м. з.}}^{\text{апр}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}})] = Z_X^{\text{апост}} [\max \min \Delta V_{\text{б. з. м. з.}}^{\text{апост}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}})];$$

$$Z_X^{\text{апр}} [\max \min \Delta V_{\text{б. з. м. з.}}^{\text{апр}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}})] = Z_Y^{\text{апр}} [\max \min \Delta G_{\text{к. у РИ}}^{\text{апр}} (I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}})];$$

$$Z_X^{\text{апост}} [\max \min \Delta V_{\text{б. з. м. з.}}^{\text{апост}} (A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}})] = Z_Y^{\text{апост}} [\max \min \Delta G_{\text{к. у РИ}}^{\text{апост}} (I_{\text{тр РИ}}^{\text{апр}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{опр}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}})];$$

$$Z_Y^{\text{ап}}[\max\min\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{ап}}(I_{\text{тр РИ}}^{\text{ап}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{оап}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{ап}})] = Z_Y^{\text{ап}}[\max\min\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{адап}}(I_{\text{тр РИ}}^{\text{ап}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{оап}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{ап}})];$$

$$Z_Y^{\text{ап}}[\max\min\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{адап}}(I_{\text{тр РИ}}^{\text{ап}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{оап}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{ап}})] = Z_Y^{\text{апост}}[\max\min\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{адапост}}(I_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, I_{\text{тр РИ}}^{\text{оапост}}, A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}})].$$

Тогда изменение оператора  $[\Delta\mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{опост}}]$  характеризует оптимальный информационный оператор надежности  $[P_{\text{л. инф}}^{\text{опт}}]$ , который определяет изменение оценочной информационно-целевой функции по условию  $[\max\{P_{\text{л. инф}}^{\text{опт}}(P_{\text{ош. опт}}^{\text{апост}})\}]$  на рис. 7 следующим образом.

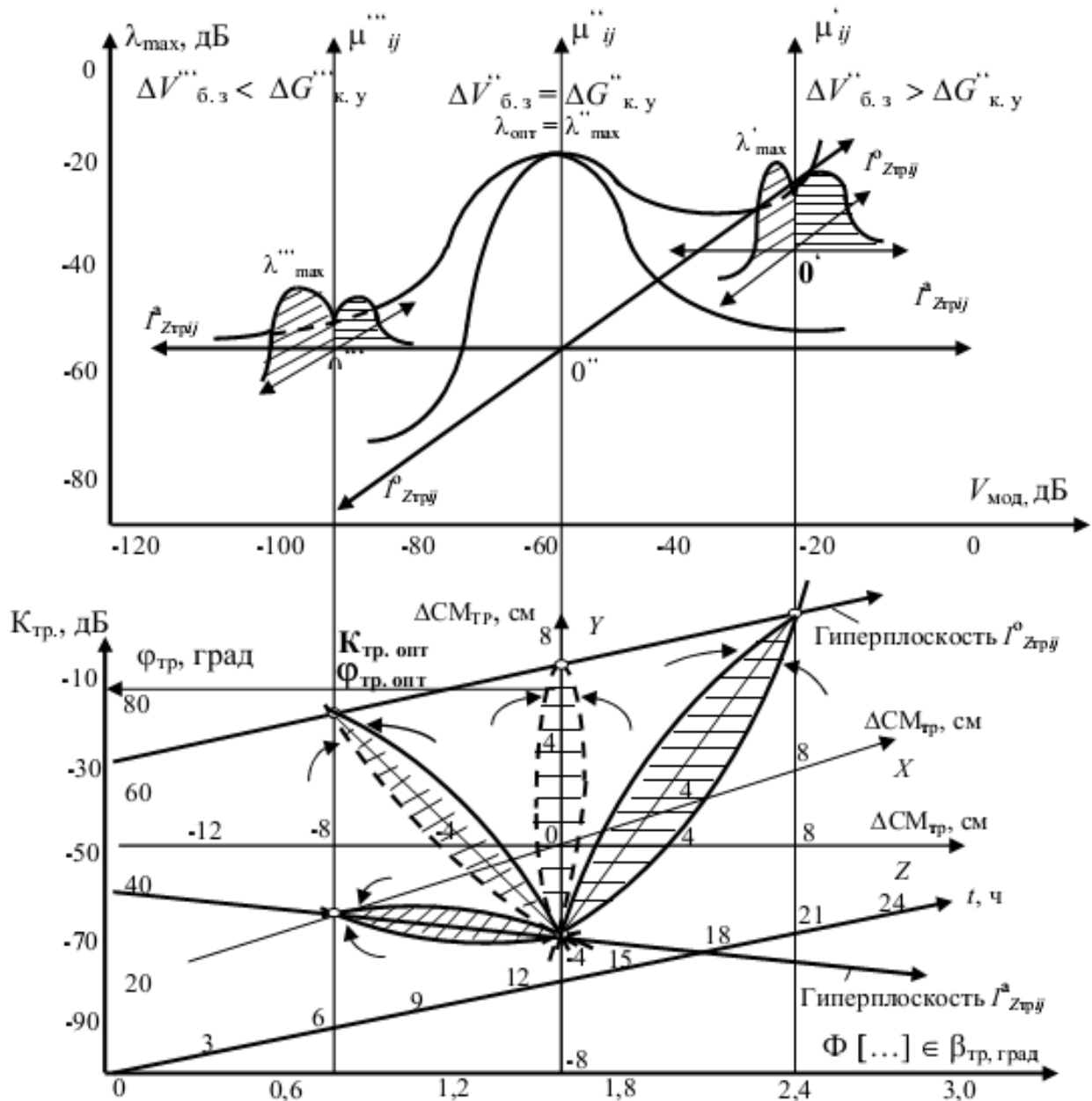


Рис. 7. Целевая функция адаптивного компенсатора быстрых и медленных замираний сигнала

Пропорционально изменению произведения апостериорных операторов  $[\Delta\mathcal{E}_{\text{пок}_i} W_{K_i}]$  определяется новое значение  $[\Delta W_{K_{i+1}}]$  из выражения для значения нового весового вектора-коэффициента

$$W_{K_{i+1}} = W_{K_i} + \mu_S \left\{ \mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} [W_{K_i}] - \mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} [W_{K_i} + \Delta W_{K_i}] \right\} \Delta W_{K_i}, \quad (13)$$

где  $\Delta W_{K_i}$  – приращение МОСШ и ПЧП в контурах адаптации для разных законов распределения сигналов (13);  $\mu_s$  и  $\sigma_i^2$  – величины, обеспечивающие устойчивость и достаточную скорость сходимости итерационных циклов по изменению оператора ПЧП ( $\min \max \Delta E_o^{\text{апост}}$ ) и максимума апостериорного оператора информационной надежности образца СЦТС [ $\max \min \{P_{\text{л. инф}}^{\text{опт}} (P_{\text{ош}}^{\text{апост}} = P_{\text{ош. опт}}^{\text{апост}})\}$ ] согласно рис. 7.

Оптимальное изменение апостериорного оператора [ $\max \min \Delta \mathcal{E}_{\text{пок}_i}$ ] определяется в результате:

– приращения [ $\Delta W_{K_i} + W_{K_i}$ ]

$$[\mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} = \mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} [W_{K_i} + \Delta W_{K_i}] - \mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} [W_{K_i}]]; \quad (14)$$

– изменения оцениваемых оптимальных апостериорных операторов (14) [ $\max \min \Delta \mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}}$ ]

$$[\Delta \bar{\mathcal{E}}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} = \bar{\mathcal{E}}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} [W_{K_{i+1}} + \Delta W_{K_{i+1}}] - \bar{\mathcal{E}}_{\text{пок}_i}^{\text{апост}} [W_{K_{i+1}}]]; \quad (15)$$

– ошибки в оценке оптимального апостериорного оператора (15) [ $\max \min \Delta \mathcal{E}_{\text{пок}_i}$ ]

$$[\gamma_{K_i} = \Delta \mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{опт}} - \bar{\mathcal{E}}_{\text{пок}_i}^{\text{опт}}], \quad (16)$$

– дисперсии этой ошибки согласно (16)

$$\text{var} [\gamma_{K_i}] = \text{var} [\Delta \mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{опт}}] - \text{var} \{ \bar{\mathcal{E}}_{\text{пок}_i}^{\text{опт}} [W_{K_i} + \Delta W_{K_i}] \} + \text{var} \{ -\bar{\mathcal{E}}_{\text{пок}_i}^{\text{опт}} [W_{K_i}] \}. \quad (17)$$

**Результаты исследования.** Результаты исследования согласно (17) приведены на рис. 7. Они представляют оптимальные тактико-технические характеристики СЦТС с адаптивным компенсатором быстрых и медленных замираний сигнала и потерь усиления антенн при случайных выборках направления поиска, что позволяет адаптивно контролировать чувствительность приемника. Длина шага поиска находится по максимуму оценочной целевой функции  $\mathcal{E}_{\text{пок}_i}^{\text{опт}}$  образца СЦТС.

В режиме функционирования адаптивного компенсатора сигналы ответвляются в каналы сопряжения антенны с приемником первого контура адаптации с основным процессором, которые состоят из согласующих устройств, видеоусилителя и двухвходового компаратора. Сигналы в приемниках ответвляются из тропосферного модема и подаются в каналы приема второго контура адаптации, состоящие из согласующих устройств и цифрового измерителя отношения сигнал/шум [1 – 7].

В процессе контроля сигналов по каналам сопряжения антенны с приемником по критерию МОСШ определяется оператор  $[K_{\text{тр. изм}}]$  и сравнивается с оператором  $[K_{\text{тр. расч}}]$  в ПЗУ, в устройстве сумматора на вычитание ( $-\sum$ ).

При этом сигнал рассогласования индицируется и запоминается [1 – 10]. При их совпадении маркер согласования в ПЗУ запускает схемы: «линейное сложение», «оптимальное сложение», «автовыбор» [1; 5; 8; 10]. Производится поиск глобального максимума целевого функционала, представленного на рис. 7.

В результате определяется информационная надежность образца СЦТС с помощью апостериорных процедур по операторам прогноза согласно рис. 4, 5. При этом максимум информационной надежности образца СЦТС соответствует операторам прогноза

$\min \max \{P_{\text{ош}}^{\text{апост}}\}$ ,  $\min \max \left[ \Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апост}} \left( \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{o}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{a}} \end{bmatrix} \right) \right]$  и  $\min \max \left[ \Delta V_{\text{б. з}}^{\text{апост}} \left( \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{o}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{a}} \end{bmatrix} \right) \right]$ ,  $\min \max \left[ \Delta V_{\text{м. з}}^{\text{апост}} \left( \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{o}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{a}} \end{bmatrix} \right) \right]$ , что соответствует адаптивно контролируемой чувствительности приемника, определяющейся с помощью рис. 9.

Дополнительный процессор во втором контуре адаптации определяет законы распределения уровней сигналов с параметрами  $m$ ,  $\sigma$ ,  $R(x)$  по операторам прогноза  $\min \max \left[ \Delta V_{\text{б. з}}^{\text{апост}} \left( \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{o}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{a}} \end{bmatrix} \right) \right]$ ,  $\min \max \left[ \Delta V_{\text{м. з}}^{\text{апост}} \left( \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{o}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{a}} \end{bmatrix} \right) \right]$  и изменению интенсивности тропосферных фокальных пятен облучателя, антенны РИ и чувствительности приемника по операторам  $\min \max \left[ \Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апост}} \left( \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{o}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{a}} \end{bmatrix} \right) \right]$  согласно рис. 8, 9. Сигнал рассогласования запоминается с перезаписью параметров  $m$ ,  $\sigma$ ,  $R$  в перепрограммируемом постоянном устройстве по условию

$$\min \max \left[ \Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апост}} \left( I_{Z_{\text{тр} \text{ РИ}}}^{\text{o}} \right) \right] = \min \max \left[ \Delta V_{\text{б. з. м. з}}^{\text{апост}} \left( I_{Z_{\text{тр} \text{ РИ}}}^{\text{o}} \right) \right].$$

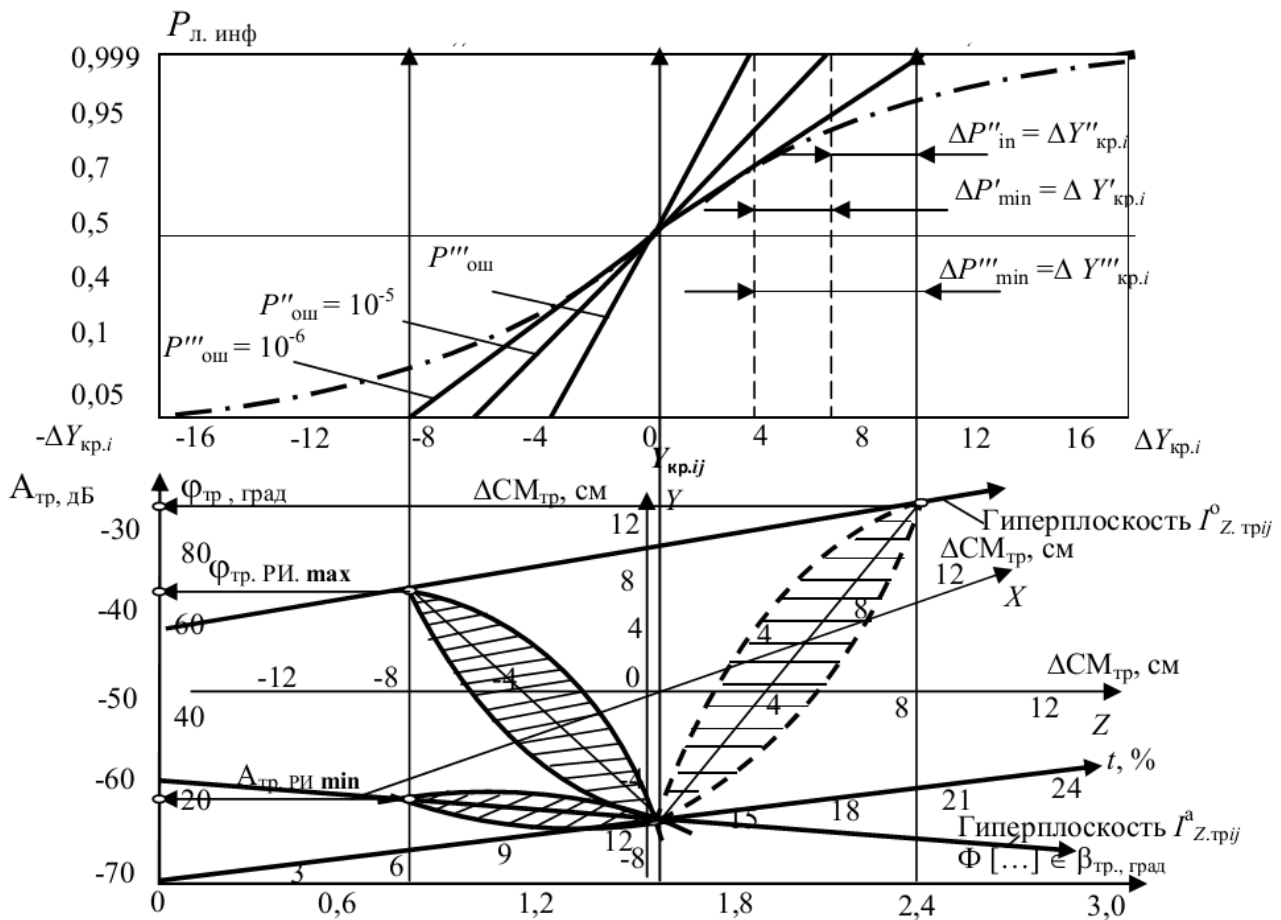


Рис. 8. Определение  $P_{\text{л. инф}}$ ,  $P_{\text{ош}}$  образца СЦТС при адаптивной регулировке  $\Delta Y_{\text{кр}i}$  ( $A_{\text{тр}}$ ,  $\Phi_{\text{тр}}$ ,  $I_{Z_{\text{тр}ij}}^{\text{o}}$ ,  $I_{\text{тр}ij}^{\text{a}}$ )

При совпадении контрольных уровней сигналов маркер согласования запускает схему включения режимов: «линейное сложение», «оптимальное сложение», «автовывбор» и «адаптивный автовывбор» согласно максимума информационного функционала (рис. 7). В результате определяется информационная надежность образца СЦТС по оператору

$[P_{\text{л. инф. опт.}}^{\text{апост}}]$ , значение которого и чувствительность приемника контролируются постоянно. Информационная надежность образца СЦТС соответствует

$$[\min \max \{P_{\text{ош}}^{\text{апост}}\}] = f([\lambda_{\text{max}}], [\Delta E]),$$

если  $\min \max [\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апост}} (I_{\text{З тр РИ}}^{\circ})] = \min \max [\Delta V_{\text{б. з. м. з}}^{\text{апост}} (I_{\text{З тр РИ}}^{\circ})]$ .

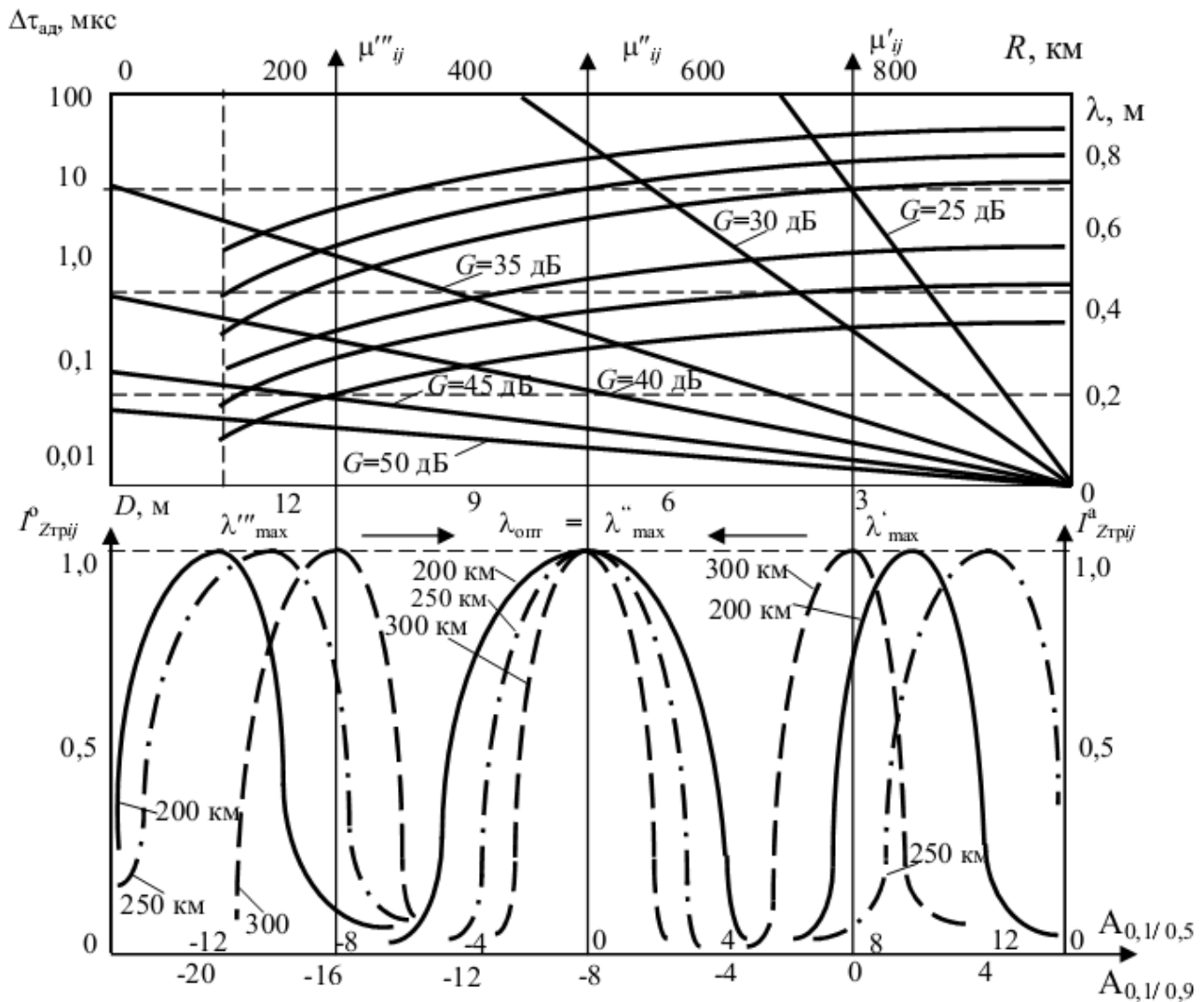


Рис. 9. Определение чувствительности приемника по среднему времени адаптации  $\Delta\tau_{\text{ад}}$  в образце СЦТС

Реализация указанных свойств процессоров в контурах адаптации возможна только при полной идентичности каналов сопряжения антенн с приемником [1; 2]. Оценка функционирования адаптивного компенсатора быстрых и медленных замираний сигналов, а также потерь усиления антенн в образцах СЦТС выполнена с учетом следующих параметров: максимального отношения сигнал/шум; минимума дисперсии шумов квантования; минимума шумов на выходе каналов сопряжения антенн с приемником [1 – 7].

Проверка информационной надежности образца СЦТС с адаптивным компенсатором осуществляется согласно выражению

$$[\Delta G_{\text{к. у. РИ}}^{\text{апост}}] = \frac{\alpha_{\text{тек}} (\beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}})}{\alpha_{\text{max}} (\beta_{\text{тр}}^{\text{апост}})} G_{\text{РИ}} \cdot 10^{-K}], \quad (18)$$

где  $[K = \frac{P_{\text{пр}}(Y_{\text{кр}_i}^{\text{апост}}) - P_{\text{изм}}(Y_{\text{кр}_i}^{\text{апр}})}{10}]$  – изменение ПЧП образца;  $[\alpha_{\text{тек}}]$  – текущее показание прибора для каналов приемной и передающей антенн РИ;  $[\alpha_{\text{max}}]$  – максимальное показание прибора для каналов приемной и передающей антенн РИ;  $[G_{\text{РИ}}]$  – коэффициент усиления антенны РИ, дБ;  $[P_{\text{пр}}]$  – апостериорное предельное значение чувствительности приемника в зависимости от  $[Y_{\text{кр}_i}^{\text{апост}}]$  и диапазона частот, дБ;  $[P_{\text{изм}}]$  – априорное значение чувствительности приемника в зависимости от  $[Y_{\text{кр}_i}^{\text{апр}}]$  и диапазона частот.

Дисперсия шумов квантования, определяется согласно (18) [1 – 10]:

$$\left[ \sigma_{\text{ш. кв}}^2 \left( \frac{I_{\text{зтр}}^0}{I_{\text{зтр}}^a}, \beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}} \right) \right] = \left[ \frac{1}{3} \left( \frac{D\{A_{\text{тр}_i}\}}{2^{B+1}} \right) \right] = \left[ \frac{\Delta^2}{12} \right], \quad (19)$$

где  $[\Delta]$  – интервал квантования;  $[D]$  – прогнозируемый динамический диапазон входных сигналов;  $[B]$  – разрядность АЦП.

Вероятность потери сигнала из-за ограничений в АЦП согласно (19) определяется как

$$[\Delta_{\text{окр}}] = \left[ \sqrt{-\ln \left[ 1 - I_r \left( A_{\text{Cmin}} \leq \frac{\Delta}{2} \right) \right]} 8P_{\text{ср}} \right], \quad (20)$$

где  $[P_{\text{ср}}(Y_{\text{кр}_i}^{\text{апост}})]$  – прогнозируемая мощность принятого сигнала;  $[A_{\text{Cmin}}(A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}})]$  – прогнозируемая амплитуда сигнала;  $[I_r]$  – интеграл вероятности. Прогнозируемый минимум дисперсии шумов квантования согласно (20)

$$[\min\{\sigma_{\text{ш. кв}}^2\}] = \frac{\Delta^2(A_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}}, \beta_{\text{тр РИ}}^{\text{апост}})}{12} \cong 3 \cdot 10^{-8} \text{ (В)}. \quad (21)$$

Полученные расчетные соотношения используются для контроля информационной надежности образца СЦТС по оператору  $[P_{\text{л. инф. опт}}^{\text{апост}}]$  и критерию контроля адаптивной чувствительности приемника (21), представленному в настоящей работе.

**Выводы.** Система цифровой тропосферной связи с адаптивным компенсатором быстрых и медленных замираний сигнала и потерь усиления антенн при случайных выборках направления поиска сигнала позволяет адаптивно контролировать чувствительность приемника.

В результате определяется информационная надежность образца СЦТС с помощью апостериорных процедур. Расчетные соотношения, полученные в работе, используются для контроля информационной надежности образца СЦТС.

### Список литературы

1. Рудаков В. И. Тропосферные системы связи с адаптивными антеннами: моногр. / В. И. Рудаков. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины; АО «Авионика», 1999. – 292 с.
2. Рудаков В. И. Концепция определения потерь коэффициента усиления антенн при тропосферном распространении радиоволн / В. И. Рудаков // Известия высш. учеб. заведений. Серия «Радиоэлектроника». – № 4. – К.: НТУУ «КПИ», 2000. – С. 35–41.
3. Рудаков В. И. Применение энергосберегающей технологии при приёме флуктуирующего сигнала при тропосферном распространении радиоволн / В. И. Рудаков // Арсенал XXI века. – 2000. – № 2. – С. 44–51.

4. Рудаков В. И. Принцип минимакса в расчетах энергетических характеристик радиотехнических систем при тропосферном распространении радиоволн / В. И. Рудаков // Известия высш. учеб. заведений. Серия «Радиоэлектроника». – Т.46; №11. – К.: НТУУ «КПИ», 2003. – С. 42–49.
5. Рудаков В. И. Метод двоконтурної обробки сигналів в зразках озброєння і військової техніки при тропосферному поширенні радіохвиль / В. І. Рудаков // зб. наук. праць Військового інституту Національного університету ім. Тараса Шевченка. – Ювілейний вип. – К.: ВІ НУН ім. Тараса Шевченка, 2003. – С. 140–148.
6. Рудаков В. И. Цифровой амплифазометр СВЧ для радиотехнических систем специального назначения / В. И. Рудаков // Известия высш. учеб. заведений. Серия «Радиоэлектроника» / Военные радиоэлектронные технологии. – Т. 49; № 4. – К.: НТУУ «КПИ», 2006. – С. 68–80.
7. Рудаков В. И. Адаптивный алгоритм мониторинга в зоне действия системы дальней тропосферной связи / В. И. Рудаков // Арсенал XXI века. – 2006. – № 2. – С. 23–28.
8. Рудаков В. И. Адаптивный автомат компенсации быстрых и медленных замираний сигнала и потерь усиления антенн в образце тропосферной связи / В. И. Рудаков // Известия высш. учеб. заведений. Серия «Радиоэлектроника»: Военные радиоэлектронные технологии. – Т.49; № 6. – К.: НТУУ «КПИ», 2008. – С. 68–80.
9. Rudakov V. I. Adaptive compensation of quick and slow fadings signals in radio links of tropospheric scatter communications / V. I. Rudakov // Proceedings of the second International Conference on Antenna Theory and Techniques / National Technical University of Ukraine “KPI”, 1997, 20–22 May, Kyiv, Ukraine. – P. 161 – 163.
10. Пат. на корисну модель № 31241 МПК (H04B 7/04, H04B 7/08, H04B 7/015, H04B 7/22). Спосіб адаптивної компенсації швидких та повільних замирань сигналу і втрат підсилювання антен при тропосферному поширенні радіохвиль / В. І. Рудаков. – заявл. 27.12.2007; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 6.

В. І. Рудаков

**Адаптивний контроль чутливості приймача за тропосферною фокальною плямою опромінювача адаптивної антени**

Наведено можливість адаптивного контролю чутливості приймача за тропосферною фокальною плямою опромінювача адаптивної антени, якщо функція розподілу сигнал/шум контролюється адаптивно на вході приймача за оператором прогнозу штатної лімітної чутливості приймача.

V. I. Rudakov

**Adaptive control of sensitivity receiver is probared by troposphere focal mancha of adaptive antenna**

A probability adaptive control of sensitivity receiver is probared by troposphere focal mancha of adaptive antenna, if function distribution of signal/noise is adaptive controlled on the input of receiver by operate sensitivity of receiver limited.