

А.Н. Бабкин,
кандидат технических наук,
доцент

А.В. Эсауленко,
ФГКУ УВО ГУ МВД России
по Краснодарскому краю

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОКАНАЛА В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF THE RADIO CHANNEL IN SAFETY SYSTEMS

Рассматриваются вопросы обеспечения эффективности функционирования радиоканала в системах безопасности. Приводится методика определения параметров радиоканала, обеспечивающих выполнение заданного критерия эффективности.

Questions of ensuring efficiency of functioning of a radio channel in safety systems are considered. The technique of determination of parameters of the radio channel providing performance of set criterion of efficiency is given.

Радиоканальную систему безопасности можно представить как совокупность элементов, каждый из которых является самостоятельным по отношению ко всей системе. Радиоканал является основным элементом системы и представляет собой совокупность приемопередающей аппаратуры и среды передачи. На рис. 1 представлена структурная схема радиоканала системы безопасности.

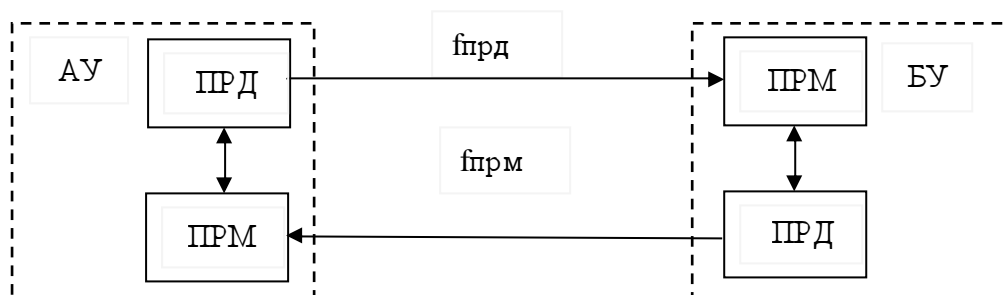


Рис. 1

На этом рисунке АУ — абонентское устройство; ПРД — передающее устройство; ПРМ — приемное устройство; БУ — базовое устройство; $f_{прд}$ и $f_{прм}$ — соответственно частоты передачи и приема.

Радиоканал включает два направления связи: первое направление связи образовано ПРД АУ и ПРМ БУ, второе — ПРД БУ и ПРМ АУ.

Для обеспечения надежного функционирования радиоканала необходимо в первую очередь обеспечить прохождение сигналов взаимодействия между АУ и БУ по линии прямой видимости, т.е. обеспечить, как минимум, райсовскую модель радиоканала.

Для райсовского канала коэффициент K , определяемый отношением мощности $P_{пр}$ доминирующего сигнала в радиоканале (распространяемого по линии прямой видимости) к мощности $P_{отр}$ отраженных сигналов больше единицы [1]:

$$K = P_{пр} / P_{отр},$$

$$K > 1.$$

В качестве критерия эффективности функционирования радиоканала целесообразно использовать отношение сигнал/шум по мощности на выходе приемных устройств АУ и БУ при выполнении требований по безопасности и достоверности [2]:

$$\frac{P_c}{P_{ш}} \geq \left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)^{mp} \left| \begin{array}{l} P_{ош} \leq P_{ош}^{mp} \\ P_{нсд} \geq P_{нсд}^{mp} \end{array} \right. , \quad (1)$$

где $\frac{P_c}{P_{ш}}$, $\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)^{mp}$ — соответственно отношение сигнал/шум на выходе приемных устройств и отношение сигнал/шум требуемое; $P_{ош}$, $P_{ош}^{mp}$ — соответственно вероятность ошибочного приёма и вероятность ошибочного приёма требуемая; $P_{нсд}$ и $P_{нсд}^{mp}$ — соответственно вероятность защиты от несанкционированного доступа в радиоканал и вероятность защиты от несанкционированного доступа требуемая.

В цифровых радиоканальных системах безопасности вероятность ошибочного приёма можно определить следующим образом [3]:

$$D_{i\phi} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \left[1 - \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{x^2}{2}} dx \right)^{q-1} \right] e^{-\frac{\left(y - \sqrt{2\frac{P_c}{P_\phi}}\right)^2}{2}} dy, \quad (2)$$

где $X = \{x_0, x_1, \dots, x_{q-1}\}$
 $Y = \{y_0, y_1, \dots, y_{q-1}\}$ — соответственно набор передаваемых сигнальных посылок на входе и выходе радиоканала в каждой сигнальной посылке q символов.

Для двоичного симметричного канала:

$$P_{i\phi} = Q\left(\sqrt{2\frac{P_c}{P_\phi}}\right), \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

При нормальном законе распределения помехи в радиоканале и равновероятном априорном распределении битовой информации 1 и 0 на основании (3) в табл. 1 приведены расчетные значения $P_{ош}$ и $P_c/P_{ш}$.

Таблица 1

$P_{ош}$	$P_c/P_{ш}$, дБ
10^{-1}	6
10^{-2}	10
10^{-3}	12
10^{-4}	14
10^{-5}	16
10^{-6}	18

На основании расчетных данных, приведенных в табл. 1, можно определить параметры радиоканала и, в частности, бюджет потерь и максимальную дальность связи между АУ и БУ системы безопасности.

На рис. 2 представлена структурная схема одного направления связи, образованного ПРД АУ и ПРМ БУ.

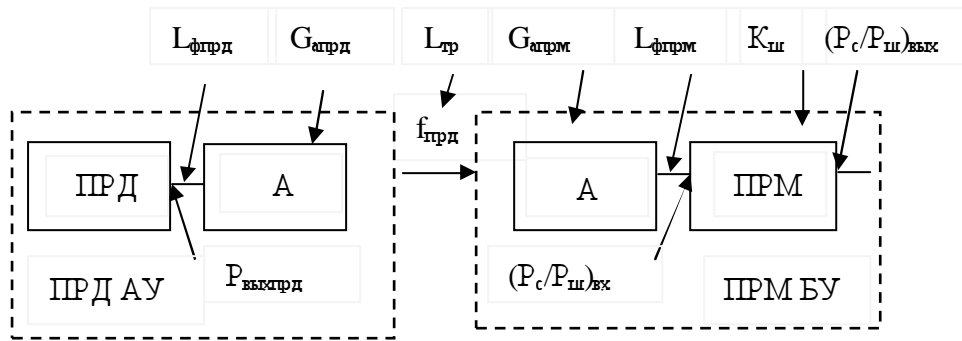


Рис. 2

На этом рисунке А — антенна; $P_{\text{выхпрд}}$ — мощность сигнала на выходе передатчика АУ; дБм, $L_{\text{фпрд}}$ и $L_{\text{фпрм}}$ — соответственно потери в фидере передатчика АУ и приемника БУ, дБ; $L_{\text{тр}}$ — потери сигнала на радиотрассе, дБ; $G_{\text{апрд}}$ и $G_{\text{апрм}}$ — соответственно усиление антенн ПРД АУ и ПРМ БУ, дБ; $(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{вх}}$ — защищенность сигнала на входе ПРМ БУ, дБ; $K_{\text{ш}}$ — коэффициент шума ПРМ; дБ, $(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{вых}}$ — защищенность сигнала на выходе ПРМ БУ, дБ.

Защищенность сигнала на выходе ПРМ БУ будет определяться выражением:

$$\left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{вых}} = \left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{вх}} - K_{\text{ш}}, \text{ дБ},$$

откуда

$$P_c = \left(\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{вх}} + K_{\text{ш}} + P_{\text{швх}}, \text{ дБ}, \quad (4)$$

где $P_{\text{швх}}$ — мощность шумов на входе ПРМ БУ, дБ.

В свою очередь

$$P_c = P_{\text{выхпрд}} - L_{\text{фпрд}} + G_{\text{апрд}} - L_{\text{тр}} + G_{\text{апрм}} - L_{\text{фпрм}}, \text{ дБм}. \quad (5)$$

Из (4) и (5) можно определить потери $L_{\text{тр}}$ на радиотрассе.

Используя статистическую модель Окумура — Хата [4], можно определить максимальную дальность связи между АУ и БУ системы безопасности.

С учетом (1)—(5) в табл. 2 приведены расчетные значения параметров радиоканала системы безопасности, обеспечивающих выполнение (1) при соблюдении требований по достоверности.

Таблица 2

Параметры радиоканала	Направление передачи АУ-БУ
$P_{\text{ош}}$	10^{-4}
$P_{\text{выхпрд}}$, дБм	17
$L_{\text{фпрд}}$, дБ	3
$L_{\text{фпрм}}$, дБ	3
$G_{\text{апрд}}$, дБ	6

$G_{\text{прм}}$, дБ	6
$K_{\text{ш}}$, дБ	3
$f_{\text{прд}}$, МГц	160,0
d , км	7
$P_{\text{ч}}$, дБм	-113
$P_{\text{швх}}$, дБм	-130
$h_{\text{прм}}$, м	30
$h_{\text{прд}}$, м	30

В табл. 2 $P_{\text{ч}}$ — чувствительность приемного устройства БУ; $h_{\text{прм}}$ и $h_{\text{прд}}$ — соответственно высоты подъема антенн ПРД АУ и ПРМ БУ.

Таким образом, для обеспечения эффективного функционирования радиоканала в системах безопасности в соответствии с (1) необходимо определить требуемое значение вероятности ошибочного приёма $P_{\text{ош}}^{mp}$, на основании (2) или (3) рассчитать значение отношения сигнал/шум на выходе приемного устройства $\left(\frac{P_c}{P_{ш}}\right)^{mp}$, используя выражения (4) и (5), определить потери сигнала на радиотрассе $L_{\text{тр}}$ и на основании известных моделей радиоканала рассчитать максимальную дальность между приемопередающими устройствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети: пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 640 с.
2. Бабкин А.Н., Андрущук В.О. Вопросы оптимизации существующих систем подвижной радиосвязи ОВД // Вестник ВИ МВД России. — 2012. — №2. — С.33—40.
3. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы: справочник / под ред. чл.-кор. РАН Ю.Б. Зубарева. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004. — 126 с.
4. Зарубин В.С., Бабкин А.Н., Особенности построения и эксплуатации радиоканала в системах связи ОВД // Тематический сборник «Связь и автоматизация МВД России—2008». — М.: Информационный мост, 2008. — С.28—31.