

**В. В. Каретников,**  
д-р техн. наук, профессор,  
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

**А. П. Яснoв,**  
аспирант,  
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

**Р. В. Волков,**  
аспирант,  
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОГРАЖДЕНИЯ

### ON THE QUESTION OF THE DEFINITION OF RANGE MONITORING SYSTEM AIDS TO NAVIGATION

*В статье рассмотрен пример определения радиуса действия элементов системы мониторинга средств навигационного ограждения, функционирующей на основе каналов связи стандарта GSM с учетом влияния взаимных помех.*

*The article describes an example of determining the radius of the elements monitoring system aids to navigation functioning on the basis of GSM channels with the influence of interference.*

*Ключевые слова: система мониторинга плавучей навигационной обстановки, зона действия, взаимные помехи, коэффициент взаимного различия.*

*Key words: monitoring system of floating navigational aids, coverage, interference, coefficient of mutual differences.*

**В** НАСТОЯЩЕЕ время на внутренних водных путях Российской Федерации (ВВП РФ) имеет место интенсивное внедрение современных инфокоммуникационных технологий, направленных на повышение безопасности и эффективности работы флота на ВВП РФ. Особое внимание специалисты водного транспорта уделяют проблеме определения зоны действия инфокоммуникационных систем, работающих для нужд внутреннего водного транспорта.

Внедрение речной системы мониторинга средств навигационного ограждения (СМ СНО) на ВВП РФ дает возможность повысить качество решения ряда производственных задач, в том числе накопленные данные о состоянии объектов мониторинга впоследствии используются для планирования обслуживания и определения эффективных эксплуатационных подходов работы системы в целом.

СМ СНО может быть реализована различными способами, в том числе на основе стандарта GSM. Тогда связь объектов мониторинга с центром системы и управления осуществляется по открытому каналу операторов сотовой связи стандарта GSM. В таком случае вопросы, связанные с эффективностью функционирования автоматизированной СМ СНО, в определенной степени зависят от сосредоточенных по спектру помех, комплексно воздействующих на канал связи.

Среди таких помех основное внимание стоит уделить взаимным помехам радиосредств, к тому же, учитывая особенности расстановки СНО на ВВП, стоит обратить внимание на неполосное излучение линий электропередач, а также на различные промышленные и индустриальные помехи.

С такой точки зрения оптимальный радиус действия СМ СНО может определяться следующим выражением:

$$R_{\text{БС}}^{\text{опт}} = \arg [p_{\text{ош}}(R) \leq p_{\text{треб}}], \quad (1)$$

где  $p_{\text{треб}} = 10^{-2} \div 10^{-6}$  — требуемая вероятность ошибки приемника при передаче цифровой информации;

$p_{\text{ош}}(R)$  — зависимость ошибки поэлементного приема цифровой информации СМ СНО;

$R$  — расстояния между ТЗ и БС.

Взаимными помехами по радиолинии «береговая станция (БС)—транспондер знака элемента СНО (ТЗ)» в диапазоне 900–1800 МГц могут являться прежде всего одновременно работающие транспондеры. В таком случае для решения соотношения (1) необходимо определить энергопотенциал:

— ТЗ:

$$\chi = \frac{P_{\text{и}} \lambda^2 G_1 \eta_1 G_2 \eta_2 (h_1^2 + h_0^2) \cdot (h_2^2 + h_0^2)}{2P_{\text{мин}}^{\text{пр}}}, \quad (2)$$

— ИП:

$$\chi_n = \frac{P_{\text{ип}} \lambda^2 G_n \eta_n G_2 \eta_2 (h_n^2 + h_0^2) \cdot (h_2^2 + h_0^2)}{2P_{\text{мин}}^{\text{пр}}}, \quad (3)$$

где  $P_{\text{и}}, P_{\text{ип}}$  — мощности передатчиков ТЗ и источника помех (ИП);

$P_{\text{мин}}^{\text{пр}}$  — чувствительность приемника ТЗ;

$G_1, \eta_1, G_2, \eta_2, G_n, \eta_n$  — коэффициент направленного действия и КПД антенно-фидерной системы ТЗ и ИП;

$h_1, h_2, h_n$  — высоты антенн ТЗ, БС и ИП;

$\lambda$  — длина волны.

Для случая реализации СМ СНО на ВВП РФ в ЕГС ЕЧ можно считать  $h_0^2 = 5$  м [1].

Решение уравнения (1) для случая незамирающего сигнала — помехи, замирающей по рэлеескому закону распределения, будет иметь вид

$$R_{\text{БС(км)}}^{\text{опт}} = \left[ \frac{\chi}{\left| \ln 2 p_{\text{треб}} \right| \left( 2 + \frac{\chi_n \cdot g_{0r}}{R_{n(\text{км})}} \right)} \right]^{\frac{1}{4}}, \quad (4)$$

где  $g_{0r}$  — нормированный коэффициент взаимного различия частотно-временной структуры сигналов ТЗ и ИП должен быть равен или менее 1 [1];  $R_n$  — расстояние между ИП и ТЗ.

Полагая, что  $G_1 = G_2 = G_n = 1$ ;  $\eta_1 = \eta_2 = \eta_n = 0,9$ ;  $h_1 = 3$  м;  $h_2 = 50$  м;  $h_n = 11$  м, считалось выполненным вполне разумное условие  $p_{\text{треб}} = 10^{-4}$  для взаимных помех.

Нормированный коэффициент взаимного различия можно найти следующим образом [2]:

$$g_{0r} = \left( \frac{\sin \frac{\Omega_r T}{2}}{\frac{\Omega_r T}{2}} \right)^2; \quad \Omega_r = |k_r \omega_0 - \omega_n|; \quad r = 1, 2; \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}, \quad (5)$$

где  $\omega_n = 2\pi f_n$  — частота помехи;  $T$  — длительность посылки цифрового сообщения.

Для расчетов были приняты весьма жесткие условия воздействия взаимных помех, для нормированного коэффициента взаимного различия  $g_{0r} = 0,4053$ .

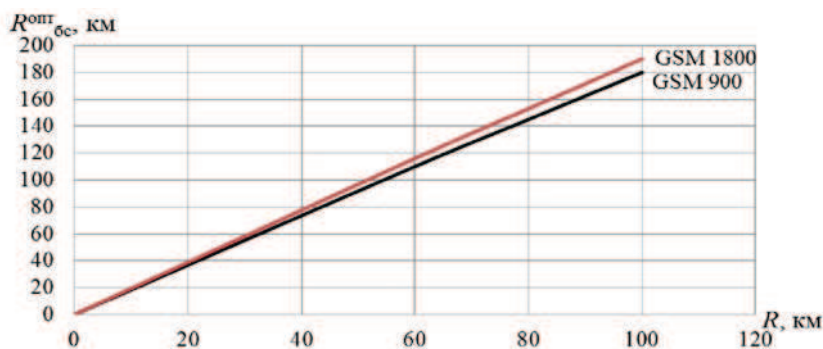


Рис. 1. График зависимости  $R_{БС}^{опт}$  от  $R_n$  в диапазоне частот GSM 900 и GSM 1800

На рис. 1 показаны зависимости  $R_{БС}^{опт}$  от  $R_n$ , построенные по (4), для принятых выше условий, где вариации расстояния источника помехи от транспондера существенно влияют на размеры зоны базовой станции. Так, например, для GSM 900 при  $R_n = 20$  км радиус зоны составляет 38 км, а для GSM 1800 при тех же условия радиус будет равен 40 км.

Для сравнительного анализа были рассмотрены результаты расчета радиуса действия СМ СНО для каналов связи АИС 1 (161,9 МГц) и АИС 2 (162,02 МГц) для тех же условий, которые использовались и при определении  $R_{БС}^{опт}$  в диапазоне частот GSM-связи. Полученный результат приведен на рис. 2 в виде графика зависимости  $R_{БС}^{опт}$  от  $R_n$ .

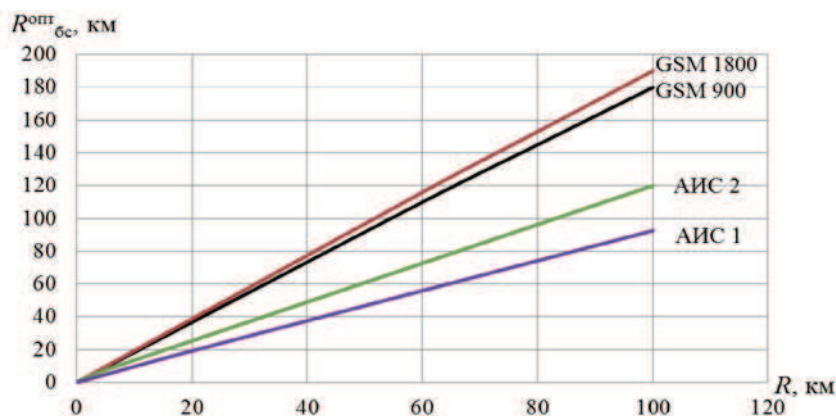


Рис. 2. График зависимости  $R_{БС}^{опт}$  от  $R_n$  в случае АИС 1 и АИС 2

В случае АИС 1 при  $R_n = 20$  км радиус зоны составляет 20 км, а в случае АИС 2 при тех же  $R_n = 20$  км радиус действия будет равен 25 км.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что использование сотовой связи стандарта GSM 1800 весьма интересно, так как по-видимому при рассмотренных условиях обеспечивает наибольшую зону действия элементов СМ СНО.

### Список литературы

1. Каретников В. В. Топология дифференциальных полей и дальность действия контрольно-корректирующих станций высокоточного местоопределения на внутренних водных путях / В. В. Каретников, А. А. Сикарев. — СПб.: СПГУВК, 2008.

2. Сикарев А. А. Оптимальный прием дискретных сообщений / А. А. Сикарев, А. И. Фалько. — М.: Связь, 1978.

3. Петухов Ю. В. Электромагнитная защищенность базовых станций речных АИС в условиях взаимных помех / Ю. В. Петухов, И. А. Сикарев // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — СПб.: Изд-во политех. ун-та, 2008. — Вып. 2.

**УДК 656.61.052:621.396.6:629.12.018(075.8)**

**А. А. Сикарев,**  
д-р техн. наук, профессор,  
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова;

**С. Ф. Шахнов,**  
канд. техн. наук, доцент,  
ГУМРФ имени адмирала С. О. Макарова

## **К РАСЧЕТУ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ В РАДИОКАНАЛАХ РЕЧНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ГЛОНАСС/GPS СРЕДНЕВОЛНОВОГО ДИАПАЗОНА**

### **TO CALCULATION OF THE FIELD STRENGTH IN THE RADIOCHANNELS OF THE LOCAL RIVER DIFFERENTIAL SUBSYSTEM GLONASS/GPS OF MEDIUM WAVE RANGE**

*В статье рассматривается методика расчета напряженности поля средневолнового диапазона от вертикального точечного диполя в зоне действия контрольно-корректирующих станций (ККС) речной локальной дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS на внутренних водных путях (ВВП) России. Приведены условия, допускающие использование асимптотических решений.*

*The article describes a method of calculation of medium wave range field intensity from a vertical point dipole in the area of control and correction stations (CCS) of river local differential system GLONASS/GPS in the inland waterways (IWW) of Russia. The conditions which permit the use of asymptotic solutions are presented.*

**Ключевые слова:** напряженность электромагнитного поля, комплексная диэлектрическая проницаемость, векторный потенциал, зоны Френеля, численное расстояние, функция ослабления, функция Грина, кусочно-неоднородная трасса.

**Key words:** electromagnetic field, integrated tension dielectric permittivity, vector potential, Fresnel zone, numerical distance, attenuation function, Green's function, piecewise heterogeneous route.

**Р**АЗВЕРТЫВАНИЕ речных локальных дифференциальных подсистем (РЛДПС) ГЛОНАСС/GPS на ВВП России сопряжено с решением задачи по оптимизации расположения цепочек ККС, обеспечивающих сплошное покрытие ВВП при заданном качестве приема, с учетом влияния взаимных помех от соседних станций и промышленных помех. В свою очередь для этого необходимо определение напряженности поля излучателей в точках приема.

В общем виде решение данной задачи весьма затруднительно. Однако учет особенностей распространения радиоволн в конкретных условиях позволяет существенно упростить задачу. Так, рассмотрение задачи распространения радиоволн нижней границы средневолнового диапазона при предполагаемом размере зон действия ККС порядка 200÷300 км [1] позволяет не учитывать