

# Прогнозирование дальности ОВЧ радиосвязи Судно-Берег с учетом ЭМС на береговой станции

В. В. Громоздин<sup>1</sup>, В. И. Коваленко<sup>2</sup>, М. С. Козуб<sup>3</sup>

Севастопольский «Испытательный центр «Омега» – филиал ФГУП НИИР, Россия

<sup>1</sup>gromozdin@niir.ru, <sup>2</sup>kovalenko@niir.ru, <sup>3</sup>kozub@niir.ru

**Аннотация.** В докладе рассматривается использование понятия фактической чувствительности для прогнозирования дальности морской УКВ-радиосвязи в направлении Судно-Берег с учетом влияния электромагнитной совместимости на береговой станции, которая также может быть использована при испытаниях береговой УКВ-аппаратуры.

**Ключевые слова:** фактическая чувствительность; электромагнитная совместимость; прогноз распространения радиоволн; тестирование

## I. ВВЕДЕНИЕ

Проектирование береговых станций ОВЧ связи морского района А1 глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ) и системы управления движения судов (СУДС) наталкивается на определенную трудность, связанную с учетом электромагнитных помех от близкорасположенных к береговой станции передающих устройств, могущих работать одновременно и создавать помехи приемным устройствам ОВЧ связи по основному и побочным каналам приема, интермодуляционные составляющие и т. д.

Как правило, на этапе проектирования учет электромагнитной совместимости (ЭМС) проводят на основе стандарта [1], который учитывает воздействие излучений передатчиков через антенну на приемники по антенному порту, и позволяет привести воздействие помех к эквивалентной мощности радиопомех  $P_{\text{ПОМ}}$  на входе приемника (ПРМ). Вывод о допустимости влияния данных помех на качество связи производится путем сравнения полученной  $P_{\text{ПОМ}}$  с допустимым уровнем радиопомехи на входе  $P_{\text{ДОП}}$ . Учитывая важность обеспечения безопасности мореплавания, полученная дальность радиосвязи должна быть подтверждена при проведении натурных испытаний.

В реальных условиях, кроме внешних помех, на ПРМ береговой станции также воздействует внешний радиосумм – индустриальный и, в меньшей степени, галактический. Кроме того, на допустимый уровень помехи влияет значение чувствительности приемника, которая фактически определяется внутренними шумами, приведенными к входу приемника.

В данной работе предлагается ввести понятие фактической чувствительности приемника, определяющей интегральное воздействие всех шумов и помех, и которое удобно использовать как при прогнозировании дальности

радиосвязи, так и ее экспериментальном подтверждении в процессе проведения испытаний.

## II. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлась фактическая чувствительность радиоприемного устройства, определяемая внутренними шумами РПМ, внешними радиосуммами и внешними радиопомехами применительно к ОВЧ связи систем обеспечения безопасности мореплавания.

## III. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Представим входную цепь ПРМ с антенной в виде, как изображено на рис. 1.



Рис. 1. Схема представления составляющих шума и помехи для расчета фактической чувствительности

Из рис. 1 следует, что на входе приемник, кроме электродвижущей силы (ЭДС) сигнала  $\varepsilon_{sig}$ , действует:

- ЭДС внутренних шумов приемника  $\varepsilon_n^{внутр}$ , определяемая номинальной чувствительностью приемника  $G_{\text{НОМ\_ЭДС}}$  и номинальным отношением сигнал/шум на входе приемника  $SN_{\text{ВХ\_НОМ}}$

$$\varepsilon_n^{внутр} = G_{\text{НОМ\_ЭДС}} / SN_{\text{ВХ\_НОМ}}$$

- ЭДС внешних шумов  $\varepsilon_n^{внеш}$ , определяемая напряженностью поля внешних шумов  $E_n^{внеш}$  и действующей высотой антенны  $h'_d$  с учетом коэффициента передачи фидерного тракта приемника  $a_{\text{ПРМ}}$  и коэффициента передачи дополнительных фильтров  $\alpha_\phi$ :

$$\varepsilon_n^{внеш} = E_n^{внеш} \cdot h'_d \cdot a_{\text{ПРМ}} \cdot \alpha_\phi = E_n^{внеш} \cdot h'_d$$

- ЭДС радиопомех  $\varepsilon_{эмс}^{внеш}$ , определяемая взаимными радиопомехами от соседних радиоэлектронных средств локальной группировки и приведенная ко

входу радиоприемного устройства в соответствии с [1]:

$$\varepsilon_{\text{ЭМС}}^{\text{внеш}} = 2U_{\text{ЭМС}}^{\text{внеш}} = 2\sqrt{P_{\text{пом}} \cdot R_{\text{вх\_прм}}},$$

где  $P_{\text{пом}}$ , Вт – суммарная мощность радиопомех, приведенная ко входу радиоприемного устройства, определенная в соответствии с [1]. При учете нескольких параметров, вызывающих помеху, суммарная мощность определяется, как корень квадратный из суммы квадратов отдельных параметров. Со стороны судна радиопомехи не учитываются из предположения, что они входят в состав палубного шума, и для расчетов принимается  $P_{\text{пом}} = 0$ ;

$R_{\text{вх\_прм}}$  – входное сопротивление радиоприемного устройства. Для радиостанций с угловой модуляцией морской подвижной службы  $R_{\text{вх\_прм}} = 50$  Ом.

Суммарная ЭДС шумов и помех, приведенная к входу приемника, определяется суммой мощностей отдельных составляющих, а фактическая чувствительность приемника в условиях шумов и взаимных помех, соответственно, определяется выражением:

$$G_{\text{факт\_эдс}} = \sqrt{G_{\text{ном\_эдс}}^2 + [(E_n \cdot h'_d)^2 + 4P_{\text{пом}} R_{\text{вх\_прм}}] \cdot SN_{\text{вх\_ном}}^2}$$

Полученное значение фактической чувствительности  $G_{\text{факт\_эдс}}$  определяет требуемое значение ЭДС сигнала на входе приемника, из которой непосредственно определяется суммарная эквивалентная напряженность шумов в точке приема  $E_{\text{ш}}^{\text{экв}}$ :

$$E_{\text{ш}}^{\text{экв}} = 20 \log \left[ \frac{G_{\text{факт\_эдс}}}{SN_{\text{вх\_ном}} \cdot h'_d} \right]$$

Суммируя  $E_{\text{ш}}^{\text{экв}}$  с требуемым отношением сигнал/шум на входе ПРМ  $SN_{\text{вх}}$  (которое имеет значение 10,8 дБ для обеспечения  $SN_{\text{вых}} = 20$  дБ) можно определить требуемое значение напряженности поля на береговой станции в месте установки приемной антенны  $E_{\text{треб}}$ , откуда с помощью графиков рекомендаций МСЭ ([2] или [3]) определяется прогнозируемая дальность ОВЧ радиосвязи. Данная методика описана в [4].

Учитывая, что значение фактической чувствительности  $G_{\text{факт\_эдс}}$  является интегральным параметром, который также может быть достаточно просто измерен на приемной стороне с помощью схемы измерения, приведенной на рис. 2, удобно представлять зависимости дальности радиосвязи ОВЧ диапазона именно от параметра фактической чувствительности, как показано на рис. 3, где обозначено  $h_1$  – высота установки судовой антенны,  $P_{\text{судно}}^{\text{судно}}$  – эквивалентная излучаемая мощность со стороны судна,  $G_{\text{и}}^{\text{Берег}}$  – коэффициент усиления береговой антенны с учетом потерь в фидере по отношению к изотропному излучателю.



Рис. 2. Схема измерения фактической чувствительности радиоприемника

Схема измерений, приведенная на рис. 2, является видоизмененной стандартной схемой измерения устойчивости приемника к помехе в совмещенном канале, где вместо сигнала помехи подается непосредственно сигнал со штатной антенны береговой станции, установленной на ее штатном месте, тем самым полностью воспроизводя условия эксплуатации.

Представление зависимости ожидаемой дальности ОВЧ радиосвязи именно от параметра фактической чувствительности позволяет достаточно удобно сопоставлять результаты прогнозирования дальности радиосвязи с результатами экспериментального определения дальности радиосвязи и измерения фактической чувствительности приемника береговой станции в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.

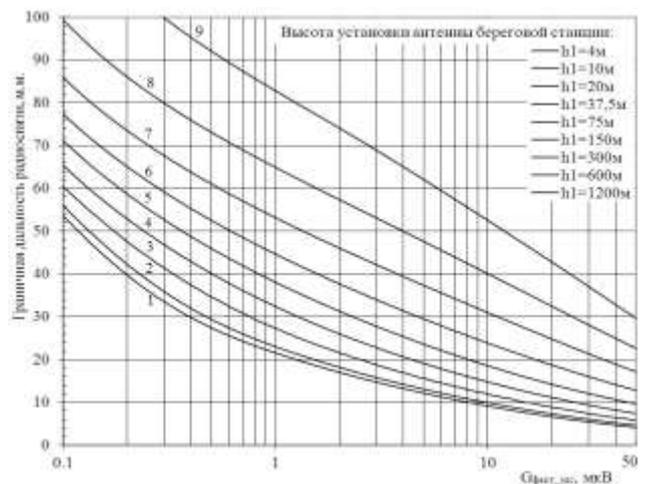


Рис. 3. Зависимость дальности радиосвязи на 156,8 МГц Судно-Берег при  $h_1 = 4$  м,  $P_{\text{судно}}^{\text{судно}} = 16$  Вт,  $G_{\text{и}}^{\text{Берег}} = 0$  дБи,  $SN_{\text{вых}} = 20$  дБ.

В заключении следует отметить, что предложенное использование понятия фактической чувствительности непосредственно указывает и на метод подтверждения дальности радиосвязи в процессе проведения испытаний, при котором необходимо проводить измерение ЭДС на входе берегового приемника и сравнение полученного значения с фактической чувствительностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ Р 55898-2013. Технические средства радиосвязи. Взаимные радиопомехи в локальной группировке. Методы расчета.
- [2] Рекомендация МСЭ-R P.1546. Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц.
- [3] Recommendation ITU-R P.370-7. VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1 000 MHz.
- [4] Методика определения ожидаемой дальности УКВ радиосвязи с подвижными объектами. Министерство строительства СССР, Москва. 1971 г.