



# ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ ЗАКОНА МАКСВЕЛЛА ПРИ РАСЧЕТЕ ДАЛЬНОСТИ И ЗОН ДЕЙСТВИЯ РЕЧНЫХ АИС

В. В. Красников  
Ю. В. Петухов  
А. А. Сикарев

В 2004 году завершено оснащение аппаратурой автоматической идентификационной системы (АИС) класса А морских судов и судов «река-море», подпадающих под требования ИМО.

Практика использования АИС показал их высокую эффективность для решения следующих задач:

- автоматическая и регулярная передача судном другим судам и береговым службам информации, включающей сведения о судне, координаты, курс, скорость и другие данные;
- автоматический прием, обработку и отображение аналогичной информации от других судов и береговых служб;
- автоматическое сопровождение (прокладку движения) судов, оборудованных АИС, в целях предупреждения столкновений, а также контроля и регулирования судоходства;
- автоматизированный обмен сообщениями, связанными с безопасностью судоходства, между судами и береговыми службами.

Однако, говорить о том, что АИС в полной мере решает, возложенные на нее, задачи обеспечения безопасности судоходства еще рано. Основная причина, прежде всего в том, что АИС не оборудованы большая часть судов, включая «неконвенционные» морские и речные суда. Береговая инфраструктура АИС внутренних водных путей находится на стадии разработки и строительства. Целесообразность установки оборудования АИС на судах, не подпадающих под требования ИМО, не вызывает сомнения и обосновывается существенным повышением безопасности судоходства, эффективности навигационного обеспечения, снижением экологической опасности. Поэтому реализация функций АИС прежде всего требует полного развертывание системы АИС, включая развитие береговой инфраструктуры ВВП и оснащение речных судов.

Существующие планы оснащения ВВП, в первую очередь ЕГС европейской части России, особенности и опыт использования АИС на ВВП, включая специфику распространения радиоволн, показывает необходимость разработки методик определения возможностей транспондеров базовых станций для покрытия территорий с различными характеристиками рельефа.

В настоящей статье рассматриваются особенности использования модели закона Максвелла при расчете дальности и зон действия речных АИС. Вместе с тем, серьезное внимание уделено влиянию степени закрытости рельефа на эти параметры.

При передаче цифровых сообщений отыскание граничного значения радиуса зоны действия БС в системе АИС определяется соотношением:

$$R_c^{opt} = \arg/p_{err}(R) \leq p_{req} / , \quad (1)$$

где  $p_{req} \leq 10^{-4} \div 10^{-6}$  – требуемая вероятность ошибки [1].

При учете замираний уровней сигналов в каналах радиосвязи, заграждающего рельефа и перемещения транспондера относительно БС вероятность приема в (1) оценивается вероятностью ошибки, представляемой в форме:

$$p_{err}(R) = \int_{G(\mu)} \int_{G(R)} \int_{G(H)} p(h^2) W(\mu) W(H) W(R) d\mu dH dR , \quad (2)$$

где  $W(\mu)$  – плотность вероятности, используемая для описания амплитудного коэффициента передачи цифрового сигнала  $\mu$ ;

$W(R)$  – плотность вероятности перемещения транспондера судна относительно БС, определяемая равномерным, релеевским или максвелловским законом плотности вероятности;

$W(H)$  – плотность вероятности для высот заграждающего рельефа;

$G(\mu)$ ,  $G(R)$ ,  $G(H)$  – области интегрирования, определяемые амплитудным коэффициентом  $m$  расстоянием  $R$  и высотой  $H$  соответственно.

Для вскрытия характерных особенностей влияния модели Максвелла сделаем упрощающее допущение, полагая, что канал связи между транспондером и БС имеет постоянные параметры. Тогда вероятность ошибки в таком канале будет определяться соотношением:

$$p = \frac{1}{2} \exp\left\{-\frac{\chi}{R^4}\right\} . \quad (3)$$

В соотношении (3) через  $\chi$  обозначен энергетический параметр АИС- радиолинии, зависящий от мощности передатчика, чувствительности приемника, высот подъема судовой и береговой антенн и от высоты заграждающего рельефа.

Для решения задачи определения влияния условий местности на вероятность приема был произведен анализ выражения [2]:

$$P_{err} = \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{\chi}{R^4} 10^{0,1F(\mu)\frac{H}{b1}}\right) . \quad (4)$$

В данном выражении функция  $F(\mathbf{m})$  учитывает форму экранирующего препятствия и в нашем случае определяется модулем ослабления сигнала [3].

В общем случае для модели перемещения транспондера имеем:

$$P_{err} = \frac{1}{2} \iint_{RH} \exp\left(-\frac{\chi}{R^4} 10^{0,1F(\mu)\frac{H}{bl}}\right) W(R)W(H) dR dH \quad (5)$$

Расстояния до корреспондентов и до препятствий опишем с помощью закона Максвелла, т. е.

$$W(R) = \sqrt{\frac{2R}{\pi\sigma^3}} \exp\left(-\frac{R^2}{2\sigma^2}\right) \quad (6)$$

где  $\sigma^2 = R^2 \frac{2}{\pi}$

и

$$W(R_i) = \sqrt{\frac{2R_i}{\pi\sigma_i^3}} \exp\left(-\frac{R_i^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (7)$$

где  $\sigma_i^2 = R_i^2 \frac{2}{\pi}$

При показательном законе изменения высот рельефа,

$$W(H) = \alpha \cdot e^{-\alpha H} \quad (8)$$

где  $\alpha$  – параметр распределения, принимаемый обычно 0,01..0,5.

С учетом (5), (6) и (7) имеем:

$$P_{err} = \frac{\alpha}{\sqrt{2 \cdot \pi \sigma^3}} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \sqrt{R} \cdot \exp\left(-\frac{\chi}{R^4} 10^{0,1F(\mu)\frac{H}{bl}} - \frac{R^2}{2\sigma^2} - \alpha H\right) W(R)W(H) dR dH \quad (9)$$

Для расчетов без большой погрешности можно принять радиус первой зоны Френеля следующим:

$$bl = \frac{1}{2} \sqrt{\lambda \cdot R/3} \quad (10)$$

На рисунке 1 сплошными линиями построены зависимости вероятности ошибки приема  $P_{err}$  от  $R$  при учете характеристик рельефа (характеризуемых величиной просвета  $H$  [2]) для следующих условий: судовой транспондер мощностью 2Вт при установке антенны АИС на высоте 13 метров; приемник базовой станции с чувствительностью 2мкВ и высотой установки антенны 48 и 60 метров; частота излучения – 161,975 МГц,  $\alpha=0,05$ , отношение расстояний до препятствия и между корреспондентами принято равным 0,5 – середина трассы. Методика расчетов подробно описана в работе [4]. При этом на первом рисунке величина просвета соответствует принятым в [1] средним условиям почвы ( $h_0=5$ м для равномерного заграждающего рельефа). Графики для средних условий почвы построены штрих-пунктирными линиями.

Принимая допустимое значение вероятности ошибки  $P_{err} = 10^{-3} \dots 10^{-4}$ , получаем, что при использовании экспоненциального закона для модели Максвелла, дальность действия системы, согласно расчетам, оказывается примерно на 3 километра меньше, чем в аналогичных условиях, но с предположением, что рельеф ровный. Учитывая, что результаты работы [1] были подтверждены на практике с точностью 10-15% в Северо-Западном регионе, можно полагать, что рассмотренная в настоящей статье модель вполне применима для районов со сложным ландшафтом.

На рис. 2 приведены зависимости дальности действия АИС от высоты антенны базовой станции и величины просвета. На этом рисунке видно, что при величине просвета равной 20 метров, расчетная дальность действия си-

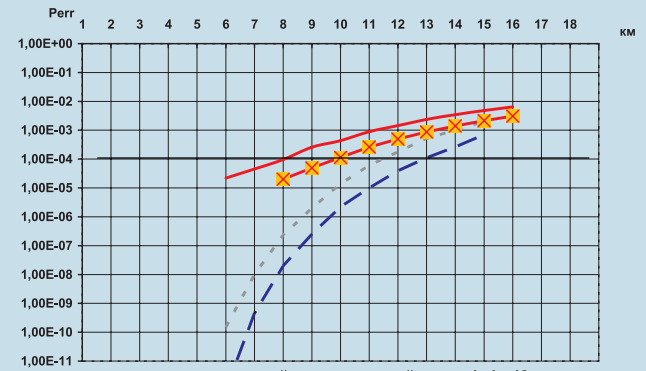


Рис. 1. Влияние заграждающего рельефа на вероятность ошибки приема сигнала БС судовым транспондером АИС (модель закона Максвелла).



Рис. 2. Зависимость вероятности ошибки приема от высоты антенны базовой станции и степени закрытости местности.

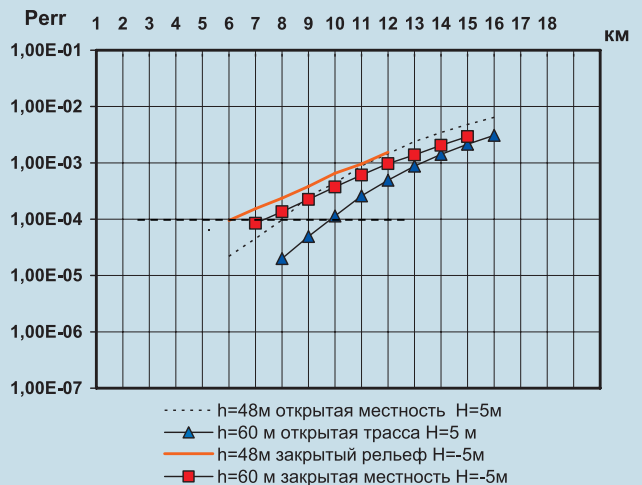


Рис. 3. Вероятности ошибки приема на открытых и закрытых трассах.

стемы с антенной установленной на высоте 48 метров оказывается в среднем на 2 километра больше, чем в случае, когда просвет составляет всего 5метров. Если же антенна расположена на 60-ти метровой вышке, то при уменьшении просвета с 20 до 5 метров дальность действия станции по конкретному направлению уменьшится всего на 1 километр.

Рисунок 3 показывает степень влияния закрытого рельефа на дальность действия станций. Рассмотрен случай, когда просвет имеет отрицательное значение. Так, для случая  $P_{\text{эф}}=10^{-4}$  результаты оказались следующими:

— уменьшение просвета с 5 метров до минус 5 привело к сокращению расчетной дальности на 2,5 км для 60-ти метровой вышки БС и на 2 км для станции с антенной установленной на 48-ми метрах. Это позволяет сделать вывод о том, что при таких характеристиках территории, увеличение высоты антенн не даст

желаемого расширения зоны покрытия.

Полученные результаты, вообще говоря, соответствуют также принятой методике проектирования и размещения базовых УКВ станций. Действительно, станция с антенной транспондера на большей высоте оказывается эффективней на трассах с открытым или слабо пересеченным типом местности. При сильно закрытом рельефе целесообразнее устанавливать большее количество «низких» антенн БС, для обеспечения уверенного приема во всех точках участка. Также, можно порекомендовать устанавливать низкие станции внутри зоны действия более высоких для выполнения тех же задач.

В заключение отметим, что влияние параметра распределения  $\alpha$  на дальность и зоны действия системы АИС, а также сравнительный анализ моделей перемещения транспондеров при показательном законе изменения рельефа местности составит предмет отдельной статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Е.Л. Бродский, А.А. Сикарев, А.В. Холин. «методика расчета зон действия береговых станций АИС на ВВП», ж. «Информост. Радиоэлектроника и телекоммуникации». № 4(34). М., 2004, с.43-45.
2. Доровских А.В., Сикарев А.А. «Сети связи с подвижными объектами»-Киев: Техника, 1989.
3. Калинин А. И., Черенкова Е.Л. «Распространение радиоволн и работа радиолиний», М., Связь, 1971.
4. Е.Л. Бродский, В.В. Красников, Ю.В. Петухов. «О влиянии характеристик рельефа на дальность действия системы АИС при использовании релейской модели взаимного перемещения транспондеров».
5. Программный пакет «Maple 10.0». [с] Dynamite Software Group, 2005







УСПЕШНОЕ ПРОДВИЖЕНИЕ ВАШЕГО БИЗНЕСА **САМАРА 2006**

6-я Международная выставка-форум



**ИнфоКом'2006**  
инфокоммуникации России - XXI век  
в Приволжском федеральном округе  
г. САМАРА

- Роль ИКТ в реализации приоритетных национальных проектов
- Коммуникации
- Технологии
- Инфокоммуникационные услуги
- Электронное правительство
- Информационная безопасность
- Информационные технологии
- Почтовые услуги

18-21 октября



**ПРИ ПОДДЕРЖКЕ**



**НАУЧНАЯ ПОДДЕРЖКА**



**ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР**



**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ**



**Выставочная компания «Экспо-Волга»**

443110, Россия, г. Самара, ул. Мичурина, 23А  
 тел./факс: +7 (846) 2790 489  
 тел./факс: +7 (846) 2790 491  
 linksamara@expo-volga.ru

www.infocompfo.ru