

УДК 62-192:519.2

**О.В. ИВАНЧЕНКО, С.А. МАВРИН, И.В. ГРУШЕВОЙ**

*Севастопольский военно-морской институт им. П.С. Нахимова, Украина*

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРЕБОВАНИЙ ЖИВУЧЕСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Обосновываются требования живучести телекоммуникационных систем (ТКС) КВ и УКВ-диапазонов радиоволн для морских подвижных объектов, рассмотрена соответствующая вероятностная модель живучести.

**живучесть телекоммуникационных систем, комплексное воздействие помех**

### **Введение**

**Постановка проблемы.** Выполнение функциональных задач судами, кораблями; безопасность их мореплавания в различных районах Мирового океана во многом зависят от возможностей по обеспечению живучести телекоммуникационных систем (ТКС), используемых в системе международной радиосвязи с морскими подвижными объектами.

Обеспечение живучести ТКС морских подвижных объектов (МПО), к которым относятся суда, корабли различных типов и классов, является одной из важнейших задач их эффективного использования по назначению. Под живучестью телекоммуникационных систем МПО будем подразумевать способность функционировать в условиях наличия мешающих воздействий искусственного (например, помехи с целью радиоэлектронного подавления) или естественного (атмосферные флюктуационные помехи над океаном и континентом) происхождения, включая воздействия, которые непосредственно направлены на уничтожение соответствующих средств или линий связи (например, в результате террористического акта, несанкционированного огневого воздействия по судовым или береговым элементам связи). Основу ТКС морских подвижных объектов составляют средства радиосвязи короткого и ультракороткого диапазонов радиоволн.

Исследования показывают [1, 2], что для обеспечения живучести средств и системы связи необходимо выполнить целый комплекс организационно-технических мероприятий, базирующихся на глубоком знании положений теории связи на море, анали-

зе известного опыта эксплуатации отечественных и иностранных судов (кораблей). Указанные обстоятельства определяют актуальность дальнейших исследований, позволяющих на качественном и количественном уровне обеспечить выполнение требований живучести ТКС МПО.

**Целью статьи** является обоснование требований по обеспечению живучести системы связи МПО, разработка соответствующих вероятностных моделей живучести и оценка их параметров по экспериментальным данным. Исследования проводились с учетом комплексного воздействия помех естественного происхождения при условии обеспечения устойчивой радиосвязи с МПО.

### **Результаты исследований**

Известно, что система связи МПО должна обеспечивать обмен информационными сообщениями на необходимом расстоянии с учетом метеорологических условий и особенностей распространения радиоволн при выполнении требований живучести. Поэтому для решения задачи обеспечения требований живучести ТКС целесообразно использовать комплексный подход, который реализуется как на этапе их создания, так и на этапе их непосредственного использования по назначению.

Основные положения предлагаемого подхода заключаются в следующем: анализ внешних и внутренних факторов, влияющих на живучесть ТКС МПО; анализ задач, решаемых с использованием ТКС; обоснование требований к живучести ТКС; выбор способов построения оптимальной структуры системы связи с использованием ТКС; эксплуатация

ТКС в составе системы связи МПО, поддержание ТКС в готовности к эффективному использованию по назначению; сбор и обработка информации о живучести ТКС по результатам их эксплуатации; совершенствование структуры системы связи с учетом изменения факторов, влияющих на живучесть ТКС.

Согласно изложенного подхода степень соответствия ТКС предъявляемым требованиям оценивается путем задания предельных величин частных показателей эксплуатационной надежности, помехоустойчивости и пропускной способности, с помощью которых в дальнейшем определяется численное значение обобщенного показателя живучести  $W_{МПО}$ . Учитывая основные факторы [2], влияющие на живучесть ТКС, оценить значение показателя  $W_{МПО}$  для судов гражданского назначения можно с помощью соотношения

$$W_{МПО} = K_{Г.П} P_{СВ}, \quad (1)$$

а для ТКС, используемых в системе связи с кораблями Военно-морских Сил (ВМС) по формулам

$$W_{МПО} = K_{Г.П} P_{СВ} (1 - P_{ПОД}) (1 - P_{ВЫВ}), \quad (2)$$

где  $K_{Г.П}$  – нестационарный коэффициент готовности полный (КГП) ТКС МПО;  $P_{СВ}$  – вероятность осуществления связи для заданных дальностей МПО при выполнении условия  $K_i \geq E_{C_i} / E_{П_i}$  [2];  $P_{ПОД}$  – вероятность подавления системы связи с кораблями ВМС (далее, корабли) средствами РЭБ;  $P_{ВЫВ}$  – вероятность вывода из строя каналов связи с кораблями в результате их огневого поражения;  $E_{C_i}$  – значение напряженности поля сигнала в точке приема  $i$ -го средства связи;  $E_{П_i}$  – значение напряженности поля помехи.

Рассмотрим порядок определения значений составляющих, входящих в соотношения (1), (2).

При организации связи с МПО по радиосети [1] значение нестационарного КГП определяется как

$$K_{Г.П} = 1 / \left( 1 + \sum_{i=1}^n \frac{1 - K_{Г.П_i}}{K_{Г.П_i}} \right), \quad (3)$$

где  $n$  – число средств связи (СрС) радиосети.

Тогда для определения значения нестационарного КГП при организации связи с МПО по радионаправлению [1] можно использовать соотношение

$$K_{Г.П} = \prod_{i=1}^m K_{Г.П_i}, \quad (4)$$

где  $m$  – число СрС радионаправления.

В соотношениях (3), (4) значения нестационарных КГП соответствующих СрС с учетом их начальных технических состояний и режимов эксплуатации определяются по следующим формулам [2]:

$$K_{Г.П} = P_0 K_{Г} + \overset{\circ}{K}_{Г} (P_1 + P_2); \quad (5)$$

$$K_{Г} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda e^{-(\lambda + \mu)\tau}}{\mu + \lambda}; \quad (6) \quad \overset{\circ}{K}_{Г} = \frac{\mu}{\mu + \lambda} (1 - e^{-(\lambda + \mu)\tau}), \quad (7)$$

где  $K_{Г}$  и  $\overset{\circ}{K}_{Г}$  – значения нестационарных коэффициентов готовности на интервале  $\tau$  использования средств связи по назначению (интервал приема-передачи сообщений) при условии, что в момент начала интервала  $\tau$  после окончания контроля функционирования СрС было работоспособно (РС) с вероятностью  $P_0$  или неработоспособно (НРС) с вероятностью  $P_1 + P_2$ . Значения вероятностей  $P_i$ , получены для разработанной в [3] марковской модели надежности. Результаты расчетов нестационарных КГП с использованием соотношений (5 – 7) в сравнении с расчетными значениями стационарных КГ для моделей надежности представлены в виде графиков соответствующих зависимостей на рис. 1, а, б.

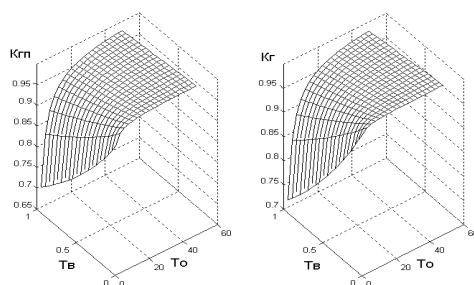


Рис. 1. Графики зависимостей  $K_{Г.П}$ :  
а –  $K_{Г.П}$  – для нестационарного КГ полного;  
б –  $K_{Г}$  – для стационарного КГ

Обобщенные результаты расчетов с использованием графиков зависимостей, приведенных на рис. 1, а, б, сведены в табл. 1.

Таблиця 1  
Значення стаціонарного КГ і нестаціонарного КГП

Среднее время восстановления, Тв, ч	Ста- ционар- ный КГ Кг	Средняя наработка на отказ То, ч	Нестацио- нарный КГП Кг.п	Средняя наработка на отказ То, ч
1	0,95	19	0,95	21
	0,9	9	0,9	10
	0,85	6	0,85	7
	0,8	4	0,8	4,5

При обосновании требований живучести следует особое внимание уделить вопросам учета воздействия внешних и внутренних факторов на устойчивость радиосвязи. Воздействия этих многочисленных факторов носят в основном случайный характер. Поэтому в соотношениях (3), (4) присутствует вероятностный показатель количественной меры оценки этих воздействий – вероятность осуществления связи для заданных дальностей МПО  $P_{CB}$  [2]. Для ТКС, представленных в виде КВ и УКВ радиостанций, с помощью которых организуется радиосвязь поверхностными (земными) волнами, значение  $P_{CB} \in [0; 1]$ . Исключением являются станции спутниковой связи, для которых  $P_{CB} \approx 1$ .

Анализ усредненных кривых прохождения радиоволн при связи морских судов Черноморского бассейна с основным радиоцентром в г. Севастополе свидетельствует, что для каждого средства связи имеется свой КВ-диапазон оптимальных частот. Все виды командной и административной связи, включая Internet (во время совместных учений с участием кораблей ВМС США), обеспечивались с использованием спутниковых систем связи. Выполненные по формулам (1), ..., (7) расчеты с использованием данных табл. 1 получены в условиях воздействия помех естественного происхождения. Результаты расчетов показывают, что значения  $W_{МПО}^{(1)}$  для отечественных МПО изменяются в пределах от 0,15 до 0,2. Расчеты выполнены при наличии на судах одного устаревшего морально и физически передатчика КВ-диапазона мощностью до 1 кВт и 2-х комплектов относительно современных радиостанций УКВ-диапазона. Аналогичные расчеты выполнялись по результатам совместных учений с участием корабля ВМС США класса эсминец «МАНАН» (DDG72), оснащенного 14-ю передатчиками КВ-диапазона

мощностью от 1 до 10кВт и 21-м комплектом радиостанций УКВ-диапазона, замыкающихся на спутниковую систему связи. Величина обобщенного показателя живучести по результатам расчетов составила  $W_{МПО}^{(2)} \approx 1$ .

## Выводы

1. Сравнительная количественная оценка показателей  $W_{МПО}^{(1)}$ ,  $W_{МПО}^{(2)}$  отражает реально сложившуюся на качественном уровне ситуацию, характеризует живучесть ТКС коротко- и ультракоротковолнового диапазонов радиоволн для различных классов МПО.

2. Предложенный подход может быть использован для разработки относительно корректных и адекватных моделей живучести ТКС МПО. В этом случае требования к живучести ТКС предлагается задавать по результатам моделирования с учетом факторов террористических атак и угроз (рассматривается вариант огневого воздействия и радиоэлектронного подавления). Используемые для количественной оценки этих факторов соответствующие показатели  $P_{под}$ ,  $P_{выв}$  можно определять с помощью известного аппарата марковских случайных процессов и по специальной методике, изложенной в [3].

3. Практическая значимость полученного результата заключается в возможности использования предложенного подхода для построения оптимальной системы связи и создания перспективных ТКС МПО.

## Литература

1. Соловьев В.И. Связь военно-морского флота. – М.: Воениздат, 1971. – 248 с.
2. Соловьев В.И., Новик Л.И., Морозов И.Д. Связь на море. – Л.: Судостроение, 1978. – 320 с.
3. Орлов М.М. Методика оцінки стійкості підсистеми зв'язку системи управління військового призначення // Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ, 2002. – Вип. 1 (39). – С. 55-57.

Поступила в редакцию 2.03.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Илюшко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.