

2. По материалам интернет-журнала «Эйдос» [Электронный ресурс] // <http://www.eidos.ru/journal>

3. По материалам сайта Детская Психология, Загвоздкин В.К. [Электронный ресурс] // <http://www.childpsy.ru>

4. По материалам сайта Открытый класс, сетевые образовательные сообщества, Суворина В.Г. [Электронный ресурс] // <http://www.openclass.ru>.

УДК 621 391

А.В. Мякотин, проф. д-р техн. наук;  
Б.Б. Султанов, адъюнкт  
(Военная академия связи, г. Санкт-Петербург, Россия)

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УЗЛА СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ МНОГОНАЦИОНАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ ВОЙСК В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

Эффективное управление многонациональными группировками войск (сил) в современных условиях является одной из центральных задач коллективной безопасности. Их высокая боеготовность и способность к скоординированным действиям напрямую зависят от эффективности системы управления, основу которой составляет система связи [1].

Узел связи (УС) специального назначения, обеспечивающий информационный обмен между объединённым командованием и национальными контингентами, является ключевым и наиболее уязвимым элементом этой системы. На него могут одновременно воздействовать разнородные угрозы: огневое и высокоточное поражение, радиоэлектронное подавление (РЭП) и технические отказы. В этой связи актуальной задачей является разработка формализованного аппарата для количественной оценки и оптимизации устойчивости функционирования УС с учётом его архитектуры и условий противоборства. Под устойчивостью функционирования узла связи в данной работе понимается его способность выполнять заданные функции по обеспечению связи требуемого качества в условиях воздействия дестабилизирующих факторов.

### **1. Постановка задачи и структура модели**

Предполагается, что оцениваемый узел связи обеспечивает управление шестью информационными направлениями (ИН)  $j = \overline{1,6}$ , каждое из которых замыкается на соответствующий национальный контингент. Для повышения живучести и надёжности в каждом

направлении может использоваться до пяти типов линий связи  $k = \overline{1,5}$  (например, спутниковые, радиорелейные, КВ и УКВ радиолитии, проводные, тропосферные), работающих параллельно и независимо [2].

Устойчивость узла связи  $S_{узла}$  рассматривается как иерархический показатель, производный от устойчивости направлений  $S_j$ , которая, в свою очередь, определяется устойчивостью составляющих их линий  $S_{jk}$

2. Вероятностные модели компонентов устойчивости линии связи.

2.1. Показатель живучести линии ( $L_{jk}$ )

Живучесть характеризует способность линии сохранять работоспособность при огневом поражении. Моделируется как вероятность непоражения [3]:

$$L_{jk} = 1 - P_{\text{пораж},jk},$$

где  $P_{\text{пораж},jk} = (1 - K_{\text{рз},jk}^{\text{оп}}) \cdot P_{\text{пр},jk}^{\text{оп}}$ .

- $K_{\text{рз},jk}^{\text{оп}}$  – коэффициент разведзащищенности линии от средств огневого поражения [3].
- $P_{\text{пр},jk}^{\text{оп}}$  – вероятность применения противником средств поражения по данной цели.

1.2. Показатель помехоустойчивости линии ( $M_{jk}$ )

Помехоустойчивость отражает способность линии функционировать в условиях преднамеренных помех [4]:

$$M_{jk} = P \left( \frac{P_c}{P_n} \geq Z_{\text{пор},jk} \right)$$

где,  $P_c / P_n$  – отношение «сигнал/помеха» на вход приёмника  $Z_{\text{пор},jk}$  – пороговое значение этого отношения, необходимое для обеспечения требуемого качества связи (например, заданной вероятности ошибки).

1.3. Показатель надёжности линии ( $R_{jk}$ )

Надёжность определяется вероятностью безотказной работы линии в течение заданного времени операции [5]:

$$R_{jk} = 1 - P_{\text{отк},jk},$$

где  $P_{\text{отк},jk}$  – вероятность технического отказа, оцениваемая на основе статистических характеристик аппаратуры.

3. Интегральная устойчивость линии и направления

### 3.1. Устойчивость отдельной линии

При условии независимости факторов живучести, помехоустойчивости и надёжности, устойчивость отдельной линии определяется как совместная вероятность:

$$S_{jk} = L_{jk} \cdot M_{jk} \cdot R_{jk}.$$

### 3.2. Устойчивость информационного направления

Поскольку линии внутри направления работают параллельно, отказ направления эквивалентен отказу всех линий. При их независимости:

$$S_j = 1 - \prod_{k=1}^5 (1 - S_{jk}).$$

### 4. Интегральный показатель устойчивости узла связи

Все ИН относятся к группе наивысшей важности. Присваивая им равные весовые коэффициенты  $\alpha_j = 1/6$ , получаем оценку устойчивости узла как среднее арифметическое устойчивостей направлений:

$$S_{\text{узла}} = \sum_{j=1}^6 \alpha_j \cdot S_j = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 S_j$$

### 5. Игровая постановка задачи с учётом адаптивного противодействия

Учитывая, что противник может адаптировать стратегию РЭБ и поражения под выбранную конфигурацию связи, задача поиска оптимальной структуры сети формулируется в минимаксной постановке[1]:

$$S_{\text{гарант}} = \max_{\mathcal{U}_{\text{связи}}} \min_{\mathcal{V}_{\text{РЭБ/пораж}}} S_{\text{узла}}(\mathcal{U}, \mathcal{V}).$$

Решение  $S_{\text{гарант}}$  соответствует стратегии построения сети, обеспечивающей максимальную устойчивость в наихудших условиях противодействия.

### 6. Матричное представление модели

Для алгоритмизации модель представлена в матричной форме. Задаются матрицы живучести L, помехоустойчивости M и надёжности R размерности  $6 \times 5$ .

Матрица устойчивости линий вычисляется поэлементно:

$$\mathbf{S}_{\text{линии}} = \mathbf{L} \odot \mathbf{M} \odot \mathbf{R}.$$

Вектор устойчивости направлений  $\vec{S} = [S_1, \dots, S_6]^T$  формируется из  $\mathbf{S}_{\text{линии}}$  по формуле (3.2). Итоговый результат:

$$S_{\text{узла}} = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 S_j.$$

Разработанная модель предоставляет системный инструмент для количественной оценки и оптимизации устойчивости узлов связи специального назначения многонациональных группировок войск. Её ключевыми преимуществами являются: интеграция трёх основных аспектов устойчивости (живучесть, помехоустойчивость, надёжность) и возможность поиска гарантированных решений в условиях неопределённости действий противника. Модель может быть использована на этапах планирования, проектирования и оперативного управления системами связи многонациональных группировок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боговик А.В., Игнатов В.В. Эффективность систем военной связи и методы ее оценки. – СПб.: ВАС, 2006. – 180 с.
2. Гончаров В.Н. Сети связи специального назначения. – М.: Радио и связь, 2001. – 256 с.
3. Пенин П.И. Устойчивость систем военной связи. – М.: Воениздат, 1998. – 192 с.
4. Боговик А.В. Теория управления в системах военного назначения. – М.: Воениздат, 2004. – 320 с.
5. Северин В.А. Статистическая теория передачи дискретных сообщений. – М.: Физматлит, 2007. – 496 с.

УДК 621 391

И.В. Синкевич, адъютант; А.Г. Яценко, адъютант  
(Военная академия связи, г. Санкт-Петербург, Россия)

#### **ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДОСТУПНОСТИ КАК СВОЙСТВО СИСТЕМЫ СВЯЗИ**

Система связи достаточно сложное организационно-техническое объединение сил и средств, создаваемое для обеспечения обмена сообщениями в системе управления войсками (силами). Широкий функционал данной системы обуславливает наличие множества свойств, которые, в свою очередь, должны соответствовать установленным требованиям. Такими свойствами, согласно руководящих документов, являются: боевая готовность, устойчивость, мобильность, пропускная способность, разведзащищенность, доступность и управляемость. Современный бой характеризуется высоко динамичными действиями. Когда пункты управления достаточно часто перемещаются в ходе боевых