

ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ ДОСТУПНОСТИ СИСТЕМЫ ВОЕННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ШКАЛЫ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ ХАРРИНГТОНА

Синкевич И.В.¹, Цырульник А.В.²

¹Военная академия связи имени маршала Советского Союза Буденного С.М., г. Санкт-Петербург, Россия, sinigal1807@gmail.com;

²Военная академия связи имени маршала Советского Союза Буденного С.М., г. Санкт-Петербург, Россия

Abstract. The article addresses the problem of quantitative assessment and justification of availability requirements for military communication systems. The physical essence of availability is formulated as the ability to provide physical (electrical or electromagnetic) contact with the transport network. A composite desirability indicator based on the Harrington desirability function is introduced, which accounts for both the probability of access and the completeness of message transmission. Quantitative threshold values of availability probability are obtained for three importance groups of communication directions. The proposed approach enables the transition from qualitative descriptions to measurable target indicators.

Система связи специального назначения представляет собой достаточно сложное организационно-техническое объединение сил и средств, создаваемое для обеспечения обмена информацией в системе управления войсками (силами). Широкий функционал данной системы обуславливает наличие множества свойств, которые, в свою очередь, должны соответствовать установленным требованиям. К таким свойствам, согласно руководящим документам, относятся: боевая готовность, устойчивость, мобильность, пропускная способность, разведзащищенность, доступность и управляемость. Современный бой характеризуется высокодинамичными действиями. Поскольку пункты управления достаточно часто перемещаются в ходе боевых действий, их доступность к общему ресурсу транспортной сети становится немаловажным фактором. Это обусловлено тем, что возможности системы управления в значительной степени зависят от способности, обеспечивающей её систему связи предоставить должным лицам органов управления требуемый ресурс с заданным качеством, не только на месте, но и в движении. В связи с этим, одной из существенных характеристик системы связи является доступность. Постоянное перемещение органов и пунктов в тактическом звене управления, неопределённость их местоположения предъявляют дополнительные требования по предоставлению должностным лицам органов управления возможности доступа к ресурсу системы связи в любой точке территории (полосы обороны). Следствием этого требование по доступности системы связи приобретает большую значимость.

Согласно документам, под доступностью понимается способность системы связи обеспечивать должностным лицам органов управления и оперативному составу управления различных звеньев возможность доступа к ресурсам системы связи общего пользования при сохранении установленных приоритетов и способов установления связи [1]. Однако ни в одном источнике конкретно не описано, что подразумевается под словами «возможность доступа».

Если для большинства свойств системы связи физический смысл, показатели и критерии чётко определены в различных источниках, то с доступностью возникает проблема: отсутствует ясное пони-

мание её физической сущности и аргументированное обоснование количественных показателей.

Для обеспечения своевременного обмена информацией необходимо выполнение следующих условий доступа: пространственная, физическая, технологическая, структурная доступность и пропускная способность [1].

Обобщая, физический смысл доступности можно сформулировать как наличие электрического (для проводных линий) или электромагнитного (для радиолиний) контакта между узлом-потребителем и узлом, обеспечивающим передачу части ресурса транспортной сети связи. В качестве количественных показателей предлагаются вероятность доступности $P_{\text{дост}}$ и коэффициент переданных сообщений $\eta_V = \frac{V_{\text{факт}}}{V_{\text{треб}}}$, где $V_{\text{факт}}$ – фактически переданный объём информации, а $V_{\text{треб}}$ – требуемый [2]. Для радиолиний вероятность доступности электромагнитного контакта (1) определяется как произведение коэффициента аппаратной готовности $K_{\text{ап}}^{\text{эм}}$, вероятностей радиовидимости $P_{\text{рв}}$, выполнения энергетического условия $P_{\text{эн}}$, электромагнитной совместимости $P_{\text{эмс}}$ и коэффициента η_V :

$$P_{\text{дост НС}}^{\text{эмк}} = (K_{\text{ап}}^{\text{эм}} \cdot P_{\text{рв}} \cdot P_{\text{эн}} \cdot P_{\text{эмс}}) \cdot \eta_V. \quad (1)$$

Для электрических линий, с учётом структурной живучести и вероятности исправной работы, выражение имеет вид (2):

$$P_{\text{дост НС}}^{\text{эк}} = P_{\text{выж НС}} \cdot P_{\text{и НС}} \cdot \eta_V; \quad (2)$$

где $P_{\text{выж НС}}$ – вероятность сохранения направления связи после воздействия противника; $P_{\text{и НС}}$ – вероятность исправной работы.

Для многоканальных направлений общая вероятность доступности (3) вычисляется как [2]:

$$P_{\text{дост НС}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{дост ЛС}i}), \quad (3)$$

что позволяет учитывать резервирование каналов.

Для обоснования требований к вероятности доступности по группам важности применяется шкала желательности Харрингтона. Данная функция представляет собой многоинтервальную шкалу, которая используется для комплексной оценки объекта по совокупности показателей, преобразуя их в единую числовую оценку. Она позволяет сравнивать

объекты по разноразмерным критериям, приписывая каждому уровню соответствия определённое значение и категорию.

Значение вероятности доступности должно быть равно или близко к единице, то есть соответствовать высокому уровню желательности. Для перехода от качественного понимания доступности к нормативным требованиям возникает вопрос о критериях и пороговых значениях вероятности доступности. Очевидно, что доступность канала, обеспечивающего критически важное направление, и доступность канала второстепенного назначения не могут оцениваться по одному и тому же нормативу без привязки к важности выполняемых задач. В качестве методического инструмента для обоснования нормативных требований по доступности целесообразно использовать обобщённую функцию желательности Харрингтона, позволяющую перейти от количественных значений вероятности доступности к качественным категориям «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»

Она сопоставляет количественные значения вероятности с качественными уровнями: «отлично» ($d=0,80...1,00$), «хорошо» ($0,63...0,80$), «удовлетворительно» ($0,37...0,63$), «плохо» ($0,20...0,37$), «недопустимо» ($0...0,20$). Для линейного преобразования используются граничные точки: $P_{\text{дост}} = 0,98$ соответствует $d = 0,80$, а $P_{\text{дост}} = 0,70 - d = 0,20$. Получена формула пересчёта (4):

$$d = 2,14 \times P_{\text{дост}} - 1,30, \quad (4)$$

обратная зависимость (5):

$$P_{\text{дост}} = \frac{d+1,30}{2,14}. \quad (5)$$

Учитывая, что доступность должна обеспечивать не только факт соединения, но и передачу требуемого объёма информации, вводится композитный показатель желательности $D = d_{\text{дост}} \cdot d_v$, где d_v - желательность коэффициента переданных сообщений, определяемая по качественной шкале (таблица 1) [3]. Для нормального режима работы (передача не менее 80 % сообщений) d_v принимается равным нормативному баллу для соответствующей группы важности.

Таблица 1 – Качественная оценка коэффициента переданных сообщений

Балл желательности (d_v)	Качественная оценка	η_v	Степень обеспечения
0,90	Отлично	$\geq 0,80$	В полном объеме
0,70	Хорошо	$\geq 0,60$	Затруднено
0,50	Удовлетворительно	$\geq 0,40$	Нарушено
<0,37	Плохо	<0,40	На грани срыва
<0,20	Недопустимо	<0,20	Сорвано

Для трёх групп важности направлений связи (первый, второй и третий приоритеты) [3] установлены нормативные значения композитного показателя D : 0,90, 0,70 и 0,50 соответственно. При условии $d_v = D$ требуемая вероятность доступности вычисляется по формуле $P_{\text{дост}} = (D + 1,30)/2,14$. Полученные значения сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Качественная оценка коэффициента переданных сообщений

Приоритет (группа важности)	Балл желательности	Качественная оценка	Требуемая вероятность доступности ($P_{\text{дост}}$)
первый	0,90	отлично	$\geq 0,98$
второй	0,70	хорошо	$\geq 0,93$
третий	0,50	удовлетворительно	$\geq 0,84$

На рисунке 1 представлена зависимость требуемой вероятности доступности от балла желательности, построенная по полученной линейной формуле.

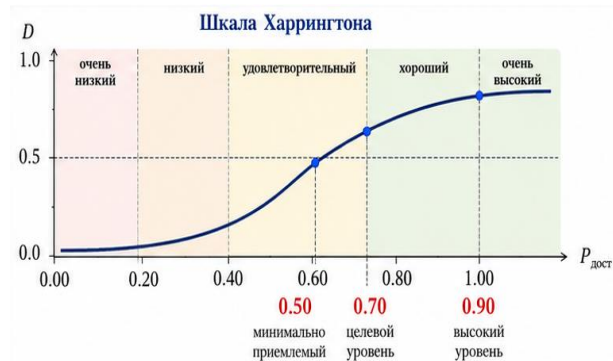


Рисунок 1 – Зависимость требуемой вероятности доступности от балла желательности

Таким образом, предложенный подход позволяет формализовать требования к доступности, дифференцировать их по важности направлений связи и обеспечить обоснованное распределение ресурсов. Использование шкалы Харрингтона и композитного показателя обеспечивает системный и математически обоснованный метод оценки доступности систем военной связи.

Литература

1. Наставление по связи в соединениях и воинских частях Сухопутных войск. – М.: Воениздат, 2019. – 296 с.
2. Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. и др. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 510 с.
3. Снежко В.К., Якушенко С.А. Военные интегрированные системы навигации, связи и управления. – СПб.: ВАС, 2013. – 456 с.
4. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – Изд. 2-е. – М.: Наука, 1976. – 280 с.