

*А.В. Загора, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
Е.Е. Селеенко, преподаватель, НУГЗУ,
А.Б. Фещенко, к.т.н., доцент, НУГЗУ*

МОДЕЛЬ ВЕРОЯТНОСТИ СВЯЗИ В РАЙОНЕ ЛИКВИДАЦИИ ЧС ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АТМОСФЕРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

(представлено д.т.н. Басмановым А.Е.)

Показана целесообразность применения атмосферных оптических линий для организации связи между подразделениями ГСЧС в районе ликвидации ЧС. Приведены стохастические зависимости, позволяющие определить вероятность связи при различных вариантах построения атмосферных оптических линий и с учетом влияния состояния погоды.

Ключевые слова: атмосферные оптические линии связи, вероятность связи.

Постановка проблемы. Связь в районе ликвидации масштабных ЧС является важнейшим средством управления в современных условиях. В наши дни связь осуществляется по воздушным, кабельным оптоволоконным линиям, радио и радиорелейным линиям, с использованием спутниковых, компьютерных и др. систем. Применение таких систем позволяет достаточно эффективно решать широчайший спектр задач по обеспечению управления и передачи любых видов информации в различных условиях обстановки и внешней среды.

Однако, использование указанных видов и систем связи для организации связи в районе ликвидации масштабных ЧС не обеспечивает основные технические показатели автоматизированной системы связи и оперативного управления в силу ряда обстоятельств. Наиболее важными из них являются следующие: системы радиосвязи очень чувствительны к внешним помехам; защищенность каналов связи от несанкционированного доступа – низкая, для защиты информации требуются специальные технические и криптографические методы; прокладка кабельных линий, строительство телефонной канализации и их обслуживание требует существенных затрат времени и материальных средств.

Анализ последних исследований и публикаций. Одним из перспективных направлений в организации связи в районе ликвидации ЧС является технология «Беспроводной оптической связи». Технология беспроводной оптики (Free Space Optics- FSO) известна достаточно давно, но прогресс подобных систем сдерживался в основном из-за отсутствия надежных и мощных источников излучения [3].

В настоящее время такие источники появились. Современная технология FSO поддерживает соединения до уровня ОС-48 (2,5 Гбит/с) с

максимальной дальностью до 10 км, а некоторые производители заявляют о скорости передачи данных до 10 Гбит/с и расстояниях до 50 км [1]. Беспроводные оптические системы используют диапазон инфракрасного излучения от 400 до 1400 нм [1].

Основные достоинства атмосферных оптических линий связи (АОЛС):

- нечувствительность к помехам радиодиапазона. Это позволяет использовать оптические линии в местах с большой насыщенностью радиосистем, работающих на одной частоте.
- защищенность канала связи от несанкционированного доступа. По этому критерию данная технология является уникальной [3].
- практически неограниченные скоростные возможности. Физические ограничения АОЛС по скорости передачи определяются только собственной частотой несущей электромагнитной волны (10^{15} - 10^{16} Гц).

Постановка задачи и ее решение. Однако, необходимо отметить существенную зависимость работоспособности оптических линий связи от состояния погоды и структуры системы связи. В этой связи, целесообразно определение вероятности связи при различных вариантах построения АОЛС с учетом влияния состояния погоды.

Для проведения аналитических оценок и определения потенциальных возможностей различных вариантов построения АОЛС можно рассмотреть понятие эквивалентного ресурса терминала TER, определяемое следующим соотношением

$$TER = \frac{P_{\text{прд}} \cdot D_{\text{прм}}^2}{\beta_{\text{прд}}^2 \cdot P_{\text{прм}}} \cdot \tau_{\text{прд}} \cdot \tau_{\text{прм}},$$

где $P_{\text{прд}}$ – выходная мощность лазерного передатчика в милливаттах; $D_{\text{прм}}$ – эквивалентный диаметр антенны лазерного приемника в метрах; $\beta_{\text{прд}}$ – угловая расходимость луча передатчика в миллирадианах; $P_{\text{прм}}$ – пороговая чувствительность приемника в пиковаттах/(Гц)^{1/2}; $\tau_{\text{прд}}$, $\tau_{\text{прм}}$ – коэффициенты пропускания передающего и приемного тракта соответственно.

Можно показать, что с учетом введенного понятия уравнение передачи цифровой АОЛС в атмосфере примет вид

$$TER = L^2 \cdot \exp\left(2.75 \cdot \frac{L}{S_k}\right) \cdot \sqrt{10} \cdot \ln\left(\frac{1}{k}\right) \cdot C \cdot 10^{-6},$$

где S_k – метеорологическая дальность видимости (МДВ); L – дальность связи в километрах; C – скорость передачи информации в Мбит/с; k – вероятность ошибки на бит информации.

Имея зависимость TER от дальности связи и S_k , можно найти вероятность связи. Значение S_k имеет случайный характер и существенно зависит

от времени наблюдения (обычно это месяц). Как любая случайная величина S_k имеет функцию распределения вероятностей $F(S_k)$, зная которую можно найти зависимость вероятности связи $P_{св}$ от состояния атмосферы.

Из уравнения передачи следует, что каждому значению дальности связи L соответствует минимальная метеорологическая дальность видимости S_k^* . Тогда вероятность связи будет определяться условием

$$P_{св} = P(S_k > S_k^*),$$

где S_k – произвольное значение МДВ; S_k^* – значение МДВ, вероятность превышения которого равна $F(S_k^*)$.

При этом вероятность связи и функция распределения вероятностей МДВ связаны соотношением

$$P_{св} = 1 - F(S_k^*).$$

Таким образом, зная закон распределения вероятностей МДВ, можно определить вероятность связи. Одним из способов определения закона распределения S_k является измерение и статистическая обработка полученных значений.

Выводы. Целесообразно говорить о применении беспроводных оптических систем в районе ликвидации масштабных ЧС в следующих случаях:

- при организации связи на участках, где между двумя точками в пределах прямой видимости имеются различные препятствия (водная преграда, железнодорожные пути, автострады, и т.п.);
- при необходимости срочной организации резервного канала в случае аварий на основном канале связи, создание временных каналов;
- при организации высокоскоростных локальных сетей;
- при передаче трафика Интернета, IP-телефонии, видеоконференц-связи;
- при организации видеонаблюдения.

Несмотря на существенную зависимость работоспособности АОЛС от состояния погоды и наличия преград, её преимущества остаются неоспоримыми: высокие помехозащищенность и скорости передачи, высокая защищенность от несанкционированного доступа без использования дополнительных организационных, технических и алгоритмических методов, быстрота развертывания канала и т.д. Использование полученных стохастических соотношений для определения вероятности связи при различных вариантах построения АОЛС и с учетом влияния состояния погоды, позволяет обеспечить основные технические показатели автоматизированной системы связи и оперативного управления подразделениями ГСЧС при организации связи в районе ликвидации ЧС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимофеев Ю.М. Теоретические основы атмосферной оптики [Текст] / Ю.М. Тимофеев, А.В. Васильев. – С-Пб.: Наука, 2003. – 152 с.
2. Милютин Е.Р. Статистическая теория атмосферного канала оптической информационной системы [Текст] / Е.Р. Милютин. – М.: Радио связь, 2002. – 253 с.
3. Оптические системы передачи информации по атмосферному каналу [Текст] / Под. ред. Р.А. Казаряна. – М.: Радио и связь, 1985. – 208 с.

Получено редколлегией 29.09.2016

О.В. Загора, Є.Є. Селеєнко, А.Б. Фещенко

Модель ймовірності зв'язку в районі ліквідації НС при використанні атмосферних оптичних ліній

Показана доцільність застосування атмосферних оптичних ліній для організації зв'язку між підрозділами ДСНС в районі ліквідації НС. Наведено стохастичні залежності, що дозволяють визначити ймовірність зв'язку при різних варіантах побудови атмосферних оптичних ліній та з урахуванням впливу стану погоди.

Ключові слова: атмосферні оптичні лінії зв'язку, ймовірність зв'язку.

A.V. Zakora, Y.Y. Seleenko, A.B. Feshchenko

Model of probability of connection in the area of emergency response when using atmospheric optical lines

The expediency of application of the atmospheric optical lines for communication between the SSES units in the area of emergency response. Given the stochastic dependences allowing to determine the probability of communication in different types of construction of atmospheric optical lines with the influence of the weather condition.

Key words: atmospheric optical communication line, the probability of communication.