

Следовательно, применение данной технологии для образования гидрогеля и прокладки заградительной полосы возможно. Особенно актуально это в случае возникновения пожара в лесных массивах у морского побережья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2019 році. Сайт ДСНС. URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Zvitni-materiali-Derzhavnoyi-sluzhbi-Ukrayini-z-nadzvichaynih-situaciy.html>.
2. Савченко А.В. Перспективні технології влаштування протипожежного бар'єру при локалізації лісових пожеж / А.В. Савченко, Д.О. Медвеєва, Несторенко О. // Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2021. – С.93-94. Режим доступа к журн.: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12976>.

УДК 681.3

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДАЛЬНОСТИ УКВ РАДИОСВЯЗИ В ЗАДАЧАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ

*Михайлик В.А.*

Закора А.В., кандидат технических наук, доцент

Национальный университет гражданской защиты Украины

*Аннотация.* Представлена модифицированная методика расчета дальности УКВ радиосвязи между подразделениями спасателей на основе данных прогнозов затухания радиоволн на трассе распространения, содержащихся в рекомендациях Международного союза электросвязи.

*Ключевые слова:* дальность УКВ радиосвязи, рекомендации МСЭ, затухание радиоволн.

### PREDICTION OF THE RANGE OF VHF RADIO COMMUNICATIONS IN THE TASKS OF PROVIDING THE FIRE AND RESCUE SERVICE

*Mikhailik V.A.*

Zakora A.V., PhD in Technical Sciences, Associate Professor

National University of Civil Protection of Ukraine

*Abstract.* A modified method for calculating the range of VHF radio communication between rescue units based on the forecast data for attenuation of radio waves along the propagation path contained in the recommendations of the International Telecommunication Union is presented.

*Keywords:* VHF radio communication range, ITU recommendations, radio wave attenuation.

Одной из важных задач, решаемых в процессе организации радиосвязи в системе оповещения пожарно-спасательной службы, является определение потенциальной дальности УКВ-радиосвязи между подразделениями спасателей в тех или иных условиях. Решение данной задачи требует учета множества факторов, влияющих на дальность распространения ультракоротких волн (УКВ), таких как влияние рельефа местности и кривизна земной поверхности, затухание радиоволн в процессе распространения и поглощения в атмосфере

и др. В наше время известно множество отечественных и зарубежных исследований и методик в данной области, позволяющих решить задачу прогнозирования потерь на трассе распространения радиоволн (РРВ) с той или иной степенью достоверности. Однако наибольший, по-видимому, интерес в данной области представляют наработки авторитетного международного органа – Международного союза электросвязи (англ. International Telecommunication Union, ITU, МСЭ – международная организация, специализированное учреждение ООН). Разрабатываемые МСЭ «рекомендации» не являются обязательными для стран-участниц, но широко поддерживаются, так как позволяют облегчить решение вопросов взаимодействия между сетями связи по всему миру.

Применительно к диапазонам, используемым МЧС для организации радиосвязи спасателей, представляет интерес рекомендация ITU-R P.1546 «Метод прогнозирования передач для наземных служб в диапазоне частот 30 МГц - 3000 МГц» [1]. Рекомендация обеспечивает учет энергетических параметров и характеристик приемо-передающих устройств и позволяет прогнозировать величину напряженности электромагнитного поля, создаваемой передатчиком в районе приемной антенны. В основе прогнозирования лежат графики, учитывающие зависимость напряженности поля от факторов, определяющих характер РРВ. Кривые отражают результаты измерений, большей частью относящихся к климатическим условиям умеренных регионов, содержащих холодные и теплые моря, которые МСЭ периодически обновляет с введением необходимых поправок. Кривые дают статистические оценки значений напряженности поля на средних частотах и изображают значения напряженности поля в зависимости от дистанции связи. Для уточнения результатов расчетов предусмотрены ряд поправок. Кривые имеют верхние ограничения по возможному значению напряженности поля, соответствующие значениям напряженности поля в свободном пространстве.

Альтернативным методом прогнозирования напряженности поля, предусмотренным Рекомендацией, является расчетный метод, который основывается на использовании уравнения Окумура – Хата для прогнозирования напряженности поля для мобильных служб в городском окружении (для  $H_2 = 10$  м), представленном в виде:

$$E = 69,82 - 6,16 \log f + 13,82 \log H_1 + a(H_2) - (44,9 - 6,55 \log H_1) (\log d)^b, \quad (1)$$

где  $E$  – напряженность поля для 1 кВт излучаемой мощности, дБ/мкВ/м;  $f$  – частота, МГц;  $H_1$  – высота антенны базовой станции над средней (в диапазоне 30 – 200 м) высотой земли, м;  $H_2$  – высота антенны мобильной станции над средней (в диапазоне 1 – 10 м) высотой земли, м;  $d$  – дистанция связи, км;

$$a(H_2) = (1,1 \log f - 0,7) H_2 - (1,56 \log f - 0,8); H'_1 = H_1 \sqrt{1 + 0,000007 H_1^2};$$

$$b = \begin{cases} 1, & d \leq 20 \text{ км} \\ 1 + (0,14 + 0,000187 f + 0,00107 H'_1) (\log[0,05 d])^{0,8}, & d > 20 \text{ км} \end{cases}$$

Данное уравнение хорошо согласуется с графиками кривых, которые дают значения напряженности поля для коротких сухопутных трасс, превышаемые в течение 50% времени для длин трассы вплоть до 10 км при РРВ над малопересеченной местностью и является хорошей альтернативой использованию графиков при программной реализации алгоритма расчета дальности для соответствующих условий РРВ. Расчет дальности может быть осуществлен на основе известного в радиотехнике соотношения для действующего значения напряженности поля в районе приемной антенны:

$$E_{\text{ПРМ}} \text{ дБ/мкВ/м} = E_{\text{ГрА}} \text{ дБ/мкВ/м} + B_{\text{М,дБ}} - B_{\text{осл,дБ}} - \eta_{\text{Г,дБ}} - \eta_{\text{Р,дБ}} + G_{\text{Г,дБ}} + G_{\text{Р,дБ}} - 3, \quad (2)$$

где  $E_{\text{ГрА,дБ/мкВ/м}}$  – напряженность поля, создаваемого передатчиком мощностью 1000 Вт (30 дБ/Вт) на заданном удалении  $D$  от антенны передатчика;  $B_{\text{М,дБ}}$  – коэффициент, который превышает мощностью передатчика (трансивера) значения мощности 30 дБ/Вт,  $B_{\text{осл,дБ}}$  –

коэффициент ослабления напряженности рельефом местности;  $\eta_{T, \text{дБ}}, \eta_{R, \text{дБ}}$  – коэффициенты ослабления (потерь) сигнала в фидерах передатчика и приемника по напряжению;  $G_{T, \text{дБ}}, G_{R, \text{дБ}}$  – коэффициенты усиления по напряжению диаграмм направленности антенн передатчика и приемника, дБ.

Задаваясь пороговой величиной напряженности поля, обеспечивающей нормальное функционирование радиоприемника, получим выражение для расчета эталонного значения напряженности в соответствующих условиях обеспечения радиосвязи. Методика расчета дальности УКВ радиосвязи может быть использована как при проведении ручных расчетов, так и для программной автоматизации на основе ЭВМ процессов, требующих прогнозирования дальности радиосвязи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Recommendation ITU-R P.1546. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz.

УДК 618.3.016

### РАЗРАБОТКА ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТА ВЕДОМСТВЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

*Мороз М.И., Разумный В.В.*

Фещенко А.Б., кандидат технических наук, доцент

Национальный университет гражданской защиты Украины

*Аннотация.* В работе представлены граф состояний и выражение вероятности безотказной работы восстанавливаемого элемента ведомственной цифровой телекоммуникационной сети без резервирования.

*Ключевые слова:* цифровая телекоммуникационная сеть, граф состояний, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, интенсивность восстановления.

### DEVELOPMENT OF A PROBABILISTIC MODEL OF A DEPARTMENTAL DIGITAL TELECOMMUNICATION NETWORK ELEMENT

*Moroz M.I., Razumny V.V.*

Feshchenko A.B., PhD in Technical Sciences, Associate Professor

National University of Civil Protection of Ukraine

*Abstract.* The paper presents a graph of states and an expression for the probability of failure-free operation of a restored element of a departmental digital telecommunications network without redundancy.

*Keywords:* digital telecommunications network, state graph, probability of failure-free operation, failure rate, recovery rate.

Повышение оперативности и качества принятия решений при организации ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), аварий, катастроф, стихийного бедствия, тушения пожаров, спасание людей обуславливает использование новейших