

# ОРГАНИЗАЦИЯ РАДИОСЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА

## Семенов А.А.

Семенов Андрей Александрович – студент магистратуры,  
Научно-исследовательский университет  
Высшая школа экономики,  
Московский институт электроники и математики, г. Москва

**Аннотация:** в статье анализируется теоретическая возможность создания радиосети в области, где отсутствует стационарная сеть. Приводятся расчёты покрытия сети в зависимости от мощности передатчика, высоты его расположения и поляризации.

**Ключевые слова:** анализ, радиотехника, исследование, БПЛА.

В наше время, коммуникационная сеть приобрела размеры и области покрытия невероятных масштабов. Оборудование постоянно совершенствуется, качество связи неуклонно растет. Тем не менее, часто происходят ситуации, когда покрытие сети отсутствует, либо имеет неудовлетворительное качество. Например, в местах техногенных катастроф, военных мероприятий, поисково-спасательных операций и т.д. Проще говоря: тогда, когда необходимо установить качественный канал связи, но не рационально устанавливать стационарный комплекс связи или нет такой возможности (труднопроходимая местность) [1].

Для решения данной проблемы, на помощь могут прийти беспилотные летательные аппараты. Так как в последнее десятилетие данный вид техники получил скачок в развитии характеристик, в виде прикладного программного обеспечения и составной - компонентной части, то, благодаря им, можно временно установить радиоканал, удовлетворяющим необходимым требованиям.

Для исследования теоретических аспектов данного вопроса, была поставлена задача рассмотреть распространение радиоволн и, вследствие, зон покрытия сигнала. Примеры реалистических прогнозов расстояния рассматриваются на базе двухлучевой модели распространения радиоволн и по формуле Фрииса [2].

$$P_R = P_T \frac{G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \quad (1)$$

- $P_R$  — мощность, полученная от приемной антенны;
- $P_T$  — мощность, подаваемая на передающую антенну;
- $G_R$  — коэффициент усиления приемной антенны;
- $G_T$  — коэффициент усиления передающей антенны;
- $d$  — расстояние;
- $c$  — скорость света в вакууме =  $299,972458 \times 10^6$  м/с;
- $\lambda$  — длина волны;
- $\lambda = c/f$ ;

Данная модель также может учитывать типичные строительные материалы зданий.

Для получения реалистичной оценки дальности связи использованы формула Фрииса [2] и двухлучевая модель распространения. Двухлучевая модель [3] принимает во внимание земную поверхность, влияние которой всегда будет уменьшать достижимое расстояние [4].

Получив конечные вычисления, можно проанализировать важность учета высоты антенны и ограничений прямой видимости, преимущество работы на более низкой частоте, чтобы достигнуть большего расстояния. Для перекрытия максимальной территории необходимо учитывать следующие факторы: мощность передатчика; поляризацию сигнала; высота размещения передатчика. Для расчетов был использован MS Excel [5].

Таблица 1. Расчеты дальности распространения радиосигналов

15 дБм - Vertical							
Высота \ Частота	1,5 м	25 м	50 м	75 м	100 м	1500 м	3000 м
50 МГц	7900	16300	20400	23200	25500	61000	75500
220 МГц	2950	6150	7700	8850	9750	24600	30050
500 МГц	1725	3850	5000	5875	6575	16350	13350
920 МГц	1180	3120	4190	4990	5650	7140	5370

2440 МГц	800	2700	3500	3800	2200	2500	700
15 дБм - Horizontal							
50 МГц	3000	6300	8000	9100	10100	27700	36700
220 МГц	1175	3175	4300	5200	5600	21300	29200
500 МГц	820	2860	4000	4875	5600	18500	6700
920 МГц	730	2790	3920	4760	5460	9870	6870
2440 МГц	700	600	1400	4000	1300	3600	1700
30 дБм - Vertical							
50 МГц	25000	51700	64500	73600	80900	196900	246750
220 МГц	9400	19300	24200	27600	30400	76600	97500
500 МГц	5420	11540	14680	16990	18890	54600	71200
920 МГц	3650	8550	11275	13350	15075	46750	53050
2440 МГц	2100	6800	9400	11400	13000	16300	16500
30 дБм - Horizontal							
50 МГц	9500	19800	24800	28400	31200	80400	104100
220 МГц	3600	8500	11300	13400	15200	53000	73700
500 МГц	2280	7040	9770	11860	13620	50500	69700
920 МГц	1850	6725	9450	11550	13300	47500	58900
2440 МГц	1700	6600	9200	11200	12800	16400	20400

Так, на частоте в 50 МГц дальности распространения при 15 дБм, вертикальной поляризации и размещении передатчика на высоте 100 м, достигает 25,5 км, а при 3 км – 75,5 км. При увеличении значения мощности передатчика до 30 дБм, показатели вырастают до 80,9 км и 246,75 км соответственно.

При 500 МГц, 15 дБм, вертикальной поляризации и размещении на высоте 100 м – дальность 6,6 км и 30 дБм – 19 км.

Фактически, для организации радиосвязи можно использовать передатчики с УКВ диапазоном, что, в конечном счете, более выгодно, так как используется меньшее количество оборудования, за счет особенностей данного диапазона. Вертикально поляризованный сигнал показывает лучшие характеристики по дальности распространения, за счет меньшей восприимчивости к замиранию от многолучевого распространения.

Но, для организации широкополосной системы связи действуют другие приоритеты. Для маломощных передатчиков практичнее использовать БПЛА ближнего радиуса действия (привязного типа или нет, следует выбирать по количеству времени, необходимого на работу на местности и конечной полезной нагрузки), так как в результате расчетов при частоте 2,44 ГГц, при мощности в 15 дБм и горизонтальной поляризации сигнал покрывает местность радиусом в 4 км на высоте 75 м. Но при увеличении мощности передатчика до 30 дБм, смене поляризации и высоты до 100 м, то радиус возрастает до 13 км.

Для мощных передатчиков практичнее использовать БПЛА дальнего радиуса действия или аэростатного типа, так как при размещении на высоте 1500 м при обоих типах поляризации можно перекрыть сигналом местность до 16,5 км. При увеличении высоты размещения аппарата рациональнее использовать вертикально поляризованный сигнал, так как радиус покрытия возрастает на 19,12 %.

Данные расчеты, показывают возможность и рациональность в создании такой системы, так как она будет иметь ряд преимуществ, по сравнению с существующими, а именно:

- Многофункциональность;
- Дешевизна;
- Возможность размещения в любой точке на любом типе местности и в любую погоду.

#### *Список литературы*

1. *Абилов А.В.* Распространение радиоволн в сетях подвижной связи. Изд-во ИжГТУ, 2005. 24 с.
2. *Friis - Shaw J.A.* «Radiometry and the Friis transmission equation». Am. J. Physics. 81 (33), 2013. 33–37 с.

3. @alexherm Теория радиоволн. Стандарты связи, Беспроводные технологии. [<https://habrahabr.ru>], 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/158161/> (дата обращения: 25.04.2017).
4. Уоллес Р. Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться? // Новости Электроники, 2015. С. 2.
5. Microsoft Corporation. Excel Sheet for Range Calculation. [<https://msdn.microsoft.com>], 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/office/ff834613.aspx/> (дата обращения: 20.04.2017).