

Зиновьев Н.В.¹, Кот М.А.¹

¹Аспирант

¹Омский Государственный Технический Университет

¹Российская Федерация, г. Омск

ПОТЕРИ В КАНАЛЕ СВЯЗИ С БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Аннотация: В данной статье представлен расчет бюджета канала связи с беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) для различных частот, произведен анализ выбора частот для канала передачи видеоданных.

Ключевые слова: канал связи, затухание, потери мощности, шум, летательный аппарат.

ANALYSIS OF THE BUDGET OF THE COMMUNICATION CHANNEL WITH THE UNCLEANED AIRCRAFT

Zinoviev N.V.¹, Cat M.A.¹

Graduate student

Omsk State Technical University

Russian Federation, Omsk

Abstract: This article presents the calculation of the budget of a communication channel with an unmanned aerial vehicle (UAV) for various frequencies, and an analysis of the choice of frequencies for the control channel and the telemetry channel is made.

Keywords: communication channel, attenuation, power loss, noise, aircraft.

Бюджет канала – это расчет баланса потерь и прибыли в канале связи; он определяет подробное соотношение между ресурсами передачи и приема, источниками шума, поглотителями сигнала и результатами процесса выполняемыми в канале [1].

С помощью расчета бюджета канала связи можно узнать о производительности системы, удовлетворяет или нет система заявленным требованиям.

Для канала связи с БПЛА значимым показателем является максимальная дальность, ограничивается она прямой видимостью. Для расчета максимальной дальности прямой видимости воспользуемся формулой [2]

$$d = (\sqrt{2 \cdot R \cdot h_1} + \sqrt{2 \cdot R \cdot h_2}) \quad (1)$$

где R – радиус Земли, обычно принимают равным 6370 км;

h_1 – высота подъема антенны наземной станции;

h_2 – высота полета БПЛА.

Основными источниками усиления сигнала являются:

- Мощность передатчика;
- Усиление передающей и принимающей антенн.

Основными источниками ослабления сигнала при распространении являются:

- Затухание при распространении в свободном пространстве;
- Межсимвольная интерференция;
- Шум приемника и передатчика;
- Затухание при модуляции;
- Замирания в канале;
- Скорость передачи;
- Потери в кабелях приемника и передатчика;
- Атмосферные помехи и шум атмосферы.

Затухание при распространении в свободном пространстве рассчитывается по формуле :

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (2)$$

где λ – длина волны в метрах.

Анализ бюджета канала обычно рассчитывается в децибелах, уравнение имеет вид [2]

$$M = EIRP[\text{дБВт}] + G_r[\text{дБи}] - \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{\text{треб}}[\text{дБ}] - R[\text{дБбит/с}] - T[\text{дБВт/Гц}] - L_s[\text{дБ}] - L_0[\text{дБ}] \quad (3)$$

Для передачи видеоданных в формате HD требуется большая скорость передачи, в расчёте учитывается скорость передачи 50 Мбит/с. В таблице 1 расположены значения основных параметров[1, 2, 3].

Таблица 1 – Параметры системы

Высота подъема антенны	5 м	
Высота полета	5000 м	
Радиус земли	6365 км	
Максимальная дальность прямой видимости, d	260268 м	
Постоянная Больцмана	1,38E-23 Дж/К	
Шумовая температура	300 К	
Мощность передатчика	100 Вт	20 дБ
Требуемое E_b/N_0	20 дБ	
Потери в кабеле передатчика	1,5 дБ	
Коэффициент усиления антенны НКУ	12 дБи	
Коэффициент усиления антенны БПЛА	6 дБи	
Вероятность битовой ошибки	0,001	
Потери в атмосфере	6 дБ	
Эффективная излучающая мощность	30,5 дБВт	
Скидка на замирание	3 дБВт	
Спектральная плотность шума	-203 дБВт/Гц	
Скорость передачи данных	50 Мбит/с	76,99 дБбит/с

В таблице 2 расположены результаты расчета бюджета канала связи.

Частота, МГц	Длина волны, м	Потери в тракте	Принятая мощность	Принятое Pr/No	Принятое Eb/N	Бюджет канала
МГц	м	дБ	дБВт	дБГц	дБ	дБ
100	3	121	-99	111	34	12
600	0,5	136	-115	95	18	-3
1100	0,2727	142	-120	90	13	-9
1600	0,1875	145	-123	87	10	-12
2100	0,1429	147	-126	84	7	-14
Частота, МГц	Длина волны, м	Потери в тракте	Принятая мощность	Принятое Pr/No	Принятое Eb/N	Бюджет канала
МГц	м	дБ	дБВт	дБГц	дБ	дБ
2600	0,1154	149	-128	82	5	-16
3100	0,0968	151	-129	81	4	-18
3600	0,0833	152	-130	79	2	-19
4100	0,0732	153	-132	78	1	-20
4600	0,0652	154	-133	77	0	-21
5100	0,0588	155	-133	76	-1	-22
5600	0,0536	156	-134	76	-1	-23
6000	0,05	156	-135	75	-2	-23

Для увеличения скорости передачи и уменьшения массы и габаритов антенны рекомендуется использовать частоты от 1 ГГц и выше, главным недостатком использования таких частот является малая огибающая сигнала, следовательно, это приводит к уменьшению максимальной дальности связи. Если же дальность связи является главным приоритетом, то рекомендуется использовать частоты до 1 ГГц, недостаток – большие габариты и масса антенны.

Таким образом, стабильная передача видеоданных с БПЛА с заявленными параметрами невозможна, полученные значения бюджета канала малы или отрицательны. Для повышения бюджета канала передачи данных необходимо уменьшать дальность и скорость, следовательно, и качество видео, либо использовать ретрансляцию сигнала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Радиотехника / Под ред. Мазора Ю.Л., Мачусского Е.А., Правды В.И.. — Энциклопедия. — М.: ИД «Додэка-XXI», 2002. — С. 488. — 944 с.
2. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2007. — 1104 с. — ISBN 0-13-084788-7.
3. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. — М.: Радио и связь, 2000. — 552 с. — ISBN 5-256-01444-7.