

ДОДАТОК А КАНАЛИ ЧАСТОТ СВ

№ канала	Буквенное обозначение сетки									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	26,065	26,515	26,965	27,415	27,865	28,315	28,765	29,215	25,165	25,615
2	26,075	26,525	26,975	27,425	27,875	28,325	28,775	29,225	25,175	25,625
3	26,085	26,535	26,985	27,435	27,885	28,335	28,785	29,235	25,185	25,635
4	26,105	26,555	27,005	27,455	27,905	28,355	28,805	29,255	25,205	25,655
5	26,115	26,565	27,015	27,465	27,915	28,365	28,815	29,265	25,215	25,665
6	26,125	26,575	27,025	27,475	27,925	28,375	28,825	29,275	25,225	25,675
7	26,135	26,585	27,035	27,485	27,935	28,385	28,835	29,285	25,235	25,685
8	26,155	26,605	27,055	27,505	27,955	28,405	28,855	29,305	25,255	25,705
9	26,165	26,615	27,065	27,515	27,965	28,415	28,865	29,315	25,265	25,715
10	26,175	26,625	27,075	27,525	27,975	28,425	28,875	29,325	25,275	25,725
11	26,185	26,635	27,085	27,535	27,985	28,435	28,885	29,335	25,285	25,735
12	26,205	26,655	27,105	27,555	28,005	28,455	28,905	29,355	25,305	25,755
13	26,215	26,665	27,115	27,565	28,015	28,465	28,915	29,365	25,315	25,765
14	26,225	26,675	27,125	27,575	28,025	28,475	28,925	29,375	25,325	25,775
15	26,235	26,685	27,135	27,585	28,035	28,485	28,935	29,385	25,335	25,785
16	26,255	26,705	27,155	27,605	28,055	28,505	28,955	29,405	25,355	25,805
17	26,265	26,715	27,165	27,615	28,065	28,515	28,965	29,415	25,365	25,815
18	26,275	26,725	27,175	27,625	28,075	28,525	28,975	29,425	25,375	25,825
19	26,285	26,735	27,185	27,635	28,085	28,535	28,985	29,435	25,385	25,835
20	26,305	26,755	27,205	27,655	28,105	28,555	29,005	29,455	25,405	25,855
21	26,315	26,765	27,215	27,665	28,115	28,565	29,015	29,465	25,415	25,865
22	26,325	26,775	27,225	27,675	28,125	28,575	29,025	29,475	25,425	25,875
23	26,355	26,805	27,255	27,705	28,155	28,605	29,055	29,505	25,455	25,905
24	26,335	26,785	27,235	27,685	28,135	28,585	29,035	29,485	25,435	25,885
25	26,345	26,795	27,245	27,695	28,145	28,595	29,045	29,495	25,445	25,895
26	26,365	26,815	27,265	27,715	28,165	28,615	29,065	29,515	25,465	25,915
27	26,375	26,825	27,275	27,725	28,175	28,625	29,075	29,525	25,475	25,925
28	26,385	26,835	27,285	27,735	28,185	28,635	29,085	29,535	25,485	25,935
29	26,395	26,845	27,295	27,745	28,195	28,645	29,095	29,545	25,495	25,945
30	26,405	26,855	27,305	27,755	28,205	28,655	29,105	29,555	25,505	25,955
31	26,415	26,865	27,315	27,765	28,215	28,665	29,115	29,565	25,515	25,965
32	26,425	26,875	27,325	27,775	28,225	28,675	29,125	29,575	25,525	25,975
33	26,435	26,885	27,335	27,785	28,235	28,685	29,135	29,585	25,535	25,985
34	26,445	26,895	27,345	27,795	28,245	28,695	29,145	29,595	25,545	25,995
35	26,455	26,905	27,355	27,805	28,255	28,705	29,155	29,605	25,555	26,005
36	26,465	26,915	27,365	27,815	28,265	28,715	29,165	29,615	25,565	26,015
37	26,475	26,925	27,375	27,825	28,275	28,725	29,175	29,625	25,575	26,025
38	26,485	26,935	27,385	27,835	28,285	28,735	29,185	29,635	25,585	26,035
39	26,495	26,945	27,395	27,845	28,295	28,745	29,195	29,645	25,595	26,045
40	26,505	26,955	27,405	27,855	28,305	28,755	29,205	29,655	25,605	26,055
41	26,095	26,545	26,995	27,445	27,895	28,345	28,795	29,245	25,195	25,645
42	26,145	26,595	27,045	27,495	27,945	28,395	28,845	29,295	25,245	25,695
43	26,195	26,645	27,095	27,545	27,995	28,445	28,895	29,345	25,295	25,745
44	26,245	26,695	27,145	27,595	28,045	28,495	28,945	29,395	25,345	25,795
45	26,295	26,745	27,195	27,645	28,095	28,545	28,995	29,445	25,395	25,845

ДОДАТОК Б
КАНАЛИ ЧАСТОТ LPD433

Канал	Частота (МГц)	Канал	Частота (МГц)	Канал	Частота (МГц)
1	433.075	24	433.650	47	434.225
2	433.100	25	433.675	48	434.250
3	433.125	26	433.700	49	434.275
4	433.150	27	433.725	50	434.300
5	433.175	28	433.750	51	434.325
6	433.200	29	433.775	52	434.350
7	433.225	30	433.800	53	434.375
8	433.250	31	433.825	54	434.400
9	433.275	32	433.850	55	434.425
10	433.300	33	433.875	56	434.450
11	433.325	34	433.900	57	434.475
12	433.350	35	433.925	58	434.500
13	433.375	36	433.950	59	434.525
14	433.400	37	433.975	60	434.550
15	433.425	38	434.000	61	434.575
16	433.450	39	434.025	62	434.600
17	433.475	40	434.050	63	434.625
18	433.500	41	434.075	64	434.650
19	433.525	42	434.100	65	434.675
20	433.550	43	434.125	66	434.700
21	433.575	44	434.150	67	434.725
22	433.600	45	434.175	68	434.750
23	433.625	46	434.200	69	434.775

ДОДАТОК В

КАНАЛИ ЧАСТОТ PMR446

25 кГц (1-16 каналы)	6,25 кГц 1-32 каналы:
PMR-1 446.00625 МГц	PMR-1 446,003125 МГц
PMR-2 446.01875 МГц	PMR-2 446,009375 МГц
PMR-3 446.03125 МГц	PMR-3 446,015625 МГц
PMR-4 446.04375 МГц	PMR-4 446,021875 МГц
PMR-5 446.05625 МГц	PMR-5 446,028125 МГц
PMR-6 446.06875 МГц	PMR-6 446,034375 МГц
PMR-7 446.08125 МГц	PMR-7 446,040625 МГц
PMR-8 446.09375 МГц	PMR-8 446,046875 МГц
PMR-9 446,10625 МГц	PMR-9 446,053125 МГц
PMR-10 446,11875 МГц	PMR-10 446,059375 МГц
PMR-11 446,13125 МГц	PMR-11 446,065625 МГц
PMR-12 446,14375 МГц	PMR-12 446,071875 МГц
PMR-13 446,15625 МГц	PMR-13 446,078125 МГц
PMR-14 446,16875 МГц	PMR-14 446,084375 МГц
PMR-15 446,18125 МГц	PMR-15 446,090625 МГц
PMR-16 446,19375 МГц	PMR-16 446,096875 МГц
	PMR-17 446,103125 МГц
	PMR-18 446,109375 МГц
	PMR-19 446,115625 МГц
	PMR-20 446,121875 МГц
	PMR-21 446,128125 МГц
	PMR-22 446,134375 МГц
	PMR-23 446,140625 МГц
	PMR-24 446,146875 МГц
	PMR-25 446,153125 МГц
	PMR-26 446,159375 МГц
	PMR-27 446,165625 МГц
	PMR-28 446,171875 МГц
	PMR-29 446,178125 МГц
	PMR-30 446,184375 МГц
	PMR-31 446,190625 МГц
	PMR-32 446,196875 МГц

ДОДАТОК Г
СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Дослідження дальності зв'язку в радімережі із використанням
повітряного ретранслятора

Виконав
студент групи ІМм-20-2
Шейко П.Ю.

Керівник
доц. каф. ІМІ Іваненко С.А.

Харків 2022 р.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

На поточний час значна кількість території нашої країни охоплена покриттям різних операторів мобільного зв'язку і продовжує розширюватися.

Проте існують місця, де послуги зв'язку відсутні: це може бути передмістя, або просто віддалена місцевість від населених пунктів.

ЗОНИ ПОКРИТТЯ ОПЕРАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ У ПЕРЕДМІСТІ ХАРКОВА



3

БЕЗЛІЦЕНЗІЙНІ СТАНДАРТИ ЗВ'ЯЗКУ



$F=27$ МГц;
 $P=10$ Вт



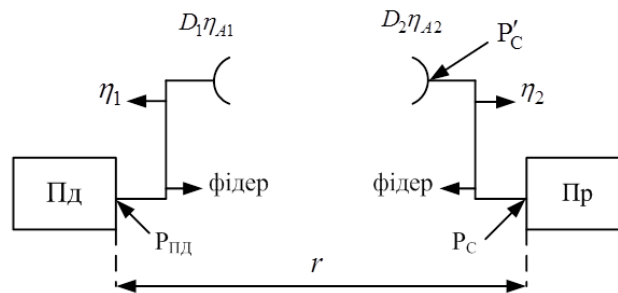
$F=433$ МГц;
 $P=10$ мВт



$F=446$ МГц;
 $P=0,5$ Вт

4

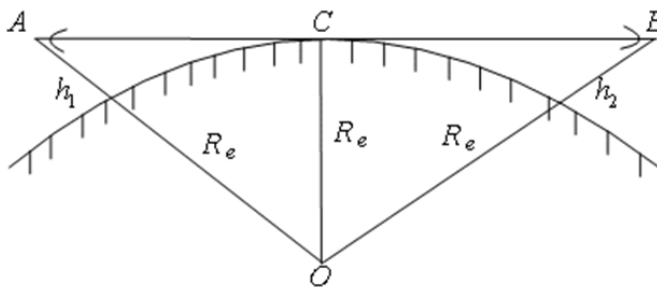
ЗГАСАННЯ РАДΟΣИГНАЛУ ПІД ЧАС РОЗПОВСЮДЖЕННЯ В РЕАЛЬНИХ



$$A_{\text{ПОВНЕ}} = \frac{P_{\text{пд}}}{P_{\text{с}}} = \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{1}{\eta_1 \eta_2 G_1 \cdot G_2 V^2}$$

5

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ УКХ



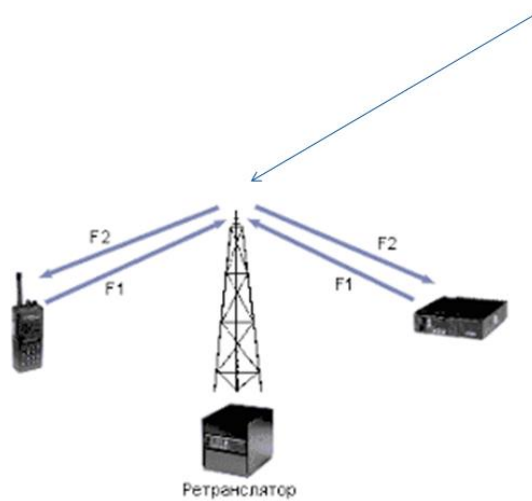
$$r_0 = 4,12 \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right)$$

$$g = -8 \cdot 10^{-9} \frac{1}{\text{м}}$$

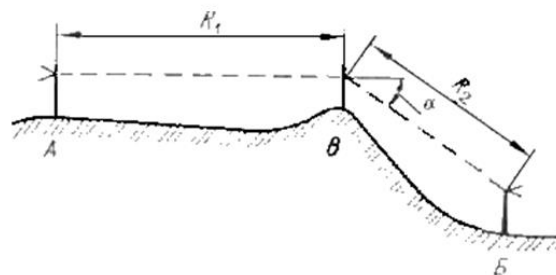
Для орієнтовної оцінки безперешкодного поширення радіохвиль вводиться поняття відстані прямої видимості r_0 , при якому пряма, що з'єднує передавальну й приймальню антени, торкається земної поверхні з еквівалентним радіусом

6

РЕТРАНСЛЯЦІЯ



Активна



Пасивна

7

НЕСУЧЕ УСТАТКУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ВУЗЛУ РЕТРАНСЛЯЦІЇ ТИПУ БПЛА



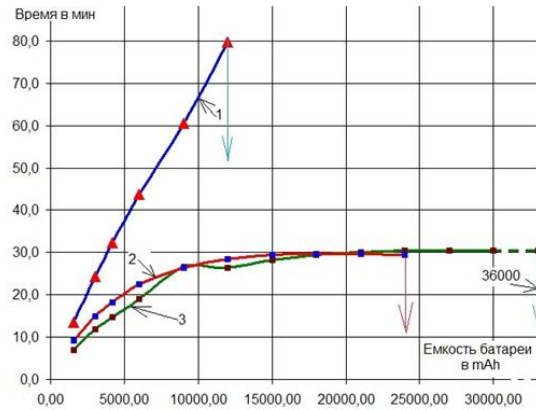
Квадрокоптер DJI Matrice 200
V2



Літак Volantex Ranger EX 757-3

8

ГРАФІК ЗАЛЕЖНОСТІ ПОЛЬОТНОГО ЧАСУ БПЛА



Залежність часу польоту БПЛА від його типу та ємності батареї

ГЕЛІЄВИЙ АЕРОСТАТ



Гелієвий аеростат із тросами кріплення

$$F_n = F_A - F_T$$

$$F_A = \rho_n \cdot g \cdot V_u$$

$$F_T = g \cdot (\rho_z \cdot V_u + m_u)$$

$$F_n = g \cdot (V_u (\rho_n - \rho_z) - m_u)$$

$$F_n = 9,8 \frac{M}{c^2} \cdot \left(\frac{4}{3} \pi (1,2754 \frac{K^2}{M^3} - 0,178 \frac{K^2}{M^3}) - 2,6 K^2 \right)$$

$$F_n = 26H$$

ЗВЕДЕНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НОСІЇВ ДЛЯ РОЗГОРТАННЯ ПОВІТРЯНОГО РЕТРАНСЛЯТОРА

Параметри	DJI Matrice 200 V2	Volantex Ranger EX 757-3	Гелієвий аеростат в діаметрі 2м
Максимальний час знаходження у повітрі, хв	24-30	60+	7200-10000
Максимальне корисне навантаження	1870	500	2600
Час розгортання, хв	1-2	2-3	5-7
Вага пристрою, г	4270	1100	2000
Мобільність пересування в похідному стані	середня	мала	велика
Вартість, грн	250000	15000	3000
Складність керування	середня	висока	невелика

11

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Вихідні умови:

- забезпечити зв'язком мобільних абонентів, які знаходяться на відстані 35 км, у якості обладнання використовують портативні радіостанції;
- місцевість рівнинна без перешкод;
- зв'язок необхідний протягом декількох 3-5 днів;
- максимальна віддаленість абонентів може збільшуватись до 50-60 км;
- радіостанції мають бути малогабаритними та легкими;
- діапазон використовуваних частот має бути безліцензійним.

12

ПОРІВНЯННЯ УКХ СТАНДАРТІВ

Параметр	LPD 433	PMR446
Потужність передавача	10 мВт	0,5 Вт
Завантаженість діапазону	Велика кількість завад, особливо в міських умовах	Менша завантаженість каналів
Антени	Вбудована 0dBi	Зовнішня 3-4 dBi

13

ВИБІР РАДІОПРИЙМАЛЬНОГО ТА РАДІОПЕРЕДАВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ



WOUXUN KG-UV6D



Baofeng UV-5R

14

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ РОЗРОБЛЕНОГО SDR СПЕКТРОАНАЛІЗАТОРУ

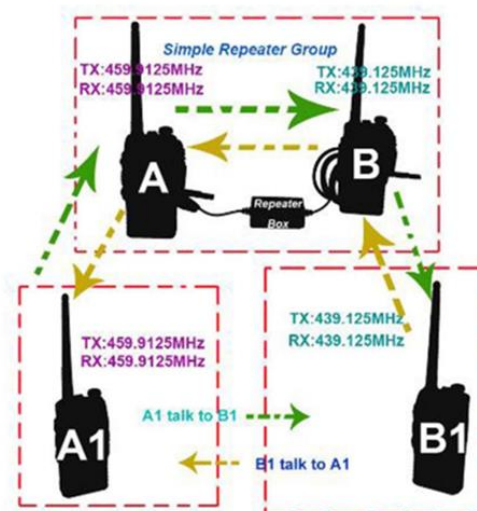
Технічні характеристики	WOUXUN KG-UV6D	Baofeng UV-5R
Частотний діапазон	136 - 174 МГц (VHF), 400 - 470 МГц (UHF).	136 - 174 МГц (VHF); 400 - 480 МГц (UHF).
Сітка частот, крок	5, 6, 25, 10, 12, 5, 25, 50, 100 кГц.	2, 5, 5, 6, 25, 10, 12, 5, 25 кГц.
Вихідна потужність	1 або 5 Ватт.	1 або 5 Ватт.
Опір антени	50 Ω	50 Ω
Чутливість приймача (При 12 дБ відношенні сигнал/шум)	0,16 мкВ	0,12 мкВ
Герметичність	захист від пилу і вологи за стандартом IP55	захист від пилу і вологи за стандартом IP55
Габарити	65 x 118 x 39 мм	58 x 130 x 32 мм
Вага	255 г	206 г
Кодування	DTMF (двотональний багаточастотний аналоговий сигнал)	DTMF (двотональний багаточастотний аналоговий сигнал)
Ціна	100 Доларів США	35 Доларів США

15

БЛОК РЕТРАНСЛЯТОРУ



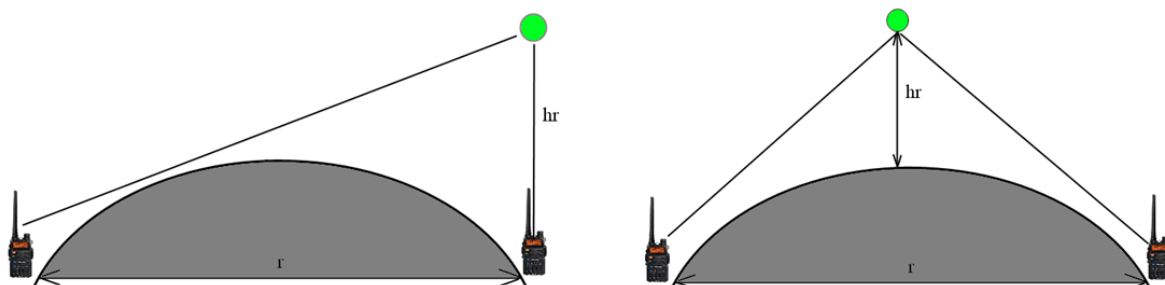
Додатковий блок з'єднання
Радіостанцій ретранслятора



Принцип роботи запропонованого ретранслятора

16

ВАРІАНТИ РОЗМІЩЕННЯ РЕТРАНСЛЯТОРА



РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ РЕТРАНСЛЯТОРА

$$P_c = \frac{U^2}{R_{\text{вн}}}$$

$$P_c = \frac{(1,2 \cdot 10^{-7} \text{В})^2}{50 \text{Ом}} = 2,88 \cdot 10^{-16} \text{Вт}$$

Тоді втрати складатимуть:

$$P_c = \frac{(1,2 \cdot 10^{-7} \text{В})^2}{50 \text{Ом}} = 2,88 \cdot 10^{-16} \text{Вт}$$

З отриманої величини втрат знайдемо відстань на якій сигнал буде мінімально допустимий для роботи приймача.

РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ РЕТРАНСЛЯТОРА

Виразимо відстань із врахуванням того факту, що ККД фідерів дорівнюють 1 (так як вони відсутні і підключення антен відбувається напряму до пристроїв), нехай підсилення антен дорівнює 1, втрати при розповсюдженні $\nu=0,01$

$$r = \sqrt{\frac{A \cdot \left(\frac{c}{f}\right)^2 \cdot \nu^2}{16\pi^2}}$$

$$r = \sqrt{\frac{3,472 \cdot 10^{15} \cdot \left(\frac{3 \cdot 10^8}{4,46 \cdot 10^9}\right)^2 \cdot 0,01^2}{16 \cdot 3,14^2}} = 3,154 \cdot 10^4 \text{ м}$$

Отже з такими показниками чутливості і потужності передавача зв'язок потенційно можливий на відстані в 31,54 км, за умови прямої видимості. Враховуючи той факт, що відстань між абонентами складає 35 км, то варіант із розміщенням ретранслятора над одним із абонентів не вирішить поставленої задачі-краще його розташувати посередині.

РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ РЕТРАНСЛЯТОРА

$$h_r = \left(\frac{r - \sqrt{h_a}}{4,12 \cdot 10^3} \right)$$

$$h_r = \left(\frac{31,54 \text{ км} - \sqrt{1,5 \text{ м}}}{4,12 \cdot 10^3} \right) \approx 42 \text{ м}$$

Якщо розмістити ретранслятор на висоті 42 м посередині відстані між двома абонентами, то ми отримаємо пряму видимість в обидва боки по 31,5 км, таким чином результуюча відстань між абонентами може збільшуватися до приблизно до 63 км. Отриманий результат цілком задовільняє технічному завданню.

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПОВІТРЯНОГО РЕТРАНСЛЯТОРА

Потужність передавачів	Дальність зв'язку ПРС-ПРС ()	Дальність зв'язку ПРС-ПРС із використанням ретранслятора	Необхідна висота підйому ретранслятора для забезпечення прямої видимості
1 Вт	10 км	63 км	42 м
5 Вт	10 км	141 км	252 м

Вага приймально-передавального обладнання, до складу якого входить дві радіостанції Baofeng UV-5R, блок ретрансляції, що з'єднують станції - складає орієнтовно 500 г. Якщо у цьому випадку використовується аеростат із вантажопід'ємністю в 2,6 кг, то резерв у 2 кг може бути використаний, наприклад для оснащення апаратури додатковими елементами живлення. Завдяки цьому можна збільшити безперервний час функціонування ретранслятора без додаткової технічної паузи на зміну елементів живлення. І таким чином довести його майже, до часу можливого знаходження аеростату у повітрі (5-7 діб).

ВИСНОВКИ

В роботі проведений аналіз безліцензійних стандартів радіозв'язку для використання у якості альтернативи класичним стільниковим мережам для заданих потреб. Це набуває актуальності там, де стільниковий зв'язок відсутній за тихчи інших обставин. Вимогам зручності та мобільності зв'язку відповідають стандарти, які працюють на УКХ.

Основною проблемою використання таких засобів є відносно мала дальність зв'язку між абонентами, що обмежується відстанню прямої видимості і є характерним для діапазону ультракоротких хвиль. Ця відстань для портативних станцій складає до 10 км на відкритій місцевості.

Шляхом подолання цього недоліку – є можливість використання принципів ретрансляції радіосигналів. В роботі розглянуті засоби розгортання повітряних ретрансляторів, як ефективного швидкого рішення організації зв'язку на великі відстані.

Для вирішення поставленого технічного завдання, було обране наступне обладнання: у якості носія ретранслятору – гелієвий аеростат; у якості приймально-передавального обладнання дві портативні радіостанції Baofeng UV-5R. За допомогою цього обладнання та проведених розрахунків теоретично вдалося збільшити дальність зв'язку до 141 км, при висоті підвісу аеростата 252 м, потужність передавачів при цьому складала 5 Вт, частота передачі 446 МГц. Строк неперервної роботи ретранслятора 5-7 діб, в залежності від компеткванням акумуляторами радіостанцій. Таким чином висунуті вимоги технічного завдання виконані.

Методика розрахунку параметрів підвісу ретранслятора може бути використана під час вирішення подібних задач для розгортання мережі мобільних портативних радіостанцій на місцевості.

22

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

23

