

## МОЖЛИВОСТІ РОЗШИРЕННЯ ЗОНИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РАДІОЧАСТОТНОГО РЕСУРСУ В СТРАТОСФЕРНИХ СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ

**Druzhynin V.A, Kremenetska Ya.A., Zhukova O.R. Means of expansion of service area and radio frequency resource in the stratospheric communication systems.** Recently there is renewed interest specialists stratospheric communication systems due to their some of their advantages over terrestrial and satellite systems for placing topology receiving – transmitting equipment, as well as thanks to the modern development of innovative technologies. For example, Google's Facebook i to increase the number of users conduct tests stratospheric repeaters Project Loon and Internet.org projects since 2013. This paper discusses the principles of the organization of the stratospheric communication System Works, the feasibility of such communication projects. It is shown that the use of stratospheric repeaters can significantly extend the frequency band, which is now an urgent problem to expand the covered area, significantly improve data transfer rates as a result of using the millimeter range, wherein a high energy efficiency by utilizing solar storage and vertical channels.

**Keywords:** stratospheric communication system, millimeter band, energy budget of radio, innovative technologies, increase the service area, the expansion of the frequency resource, Project Loon, Internet.org

**Дружинін В.А., Кременецька Я.А., Жукова О.Р. Можливості розширення зони обслуговування та радіочастотного ресурсу в стратосферних системах зв'язку.** У роботі показані основні принципи організації роботи стратосферних систем зв'язку, їхні найбільші переваги для поліпшення техніко-економічних показників телекомунікаційних систем, проаналізовані підходи до розрахунку енергетичного бюджету стратосферної радіолінії.

**Ключові слова:** стратосферна система зв'язку, міліметровий діапазон, енергетичний бюджет радіолінії, інноваційні технології, збільшення зони обслуговування, розширення частотного ресурсу, Project Loon, Internet.org

**Дружинин В.А., Кременецкая Я.А., Жукова Е.Р. Возможности расширения зоны обслуживания и радиочастотного ресурса в стратосферных системах связи.** В работе показаны основные принципы организации работы стратосферных систем связи, их наибольшие преимущества для улучшения технико-экономических показателей телекоммуникационных систем, проанализированы подходы к расчету энергетического бюджета стратосферной радиолинии.

**Ключевые слова:** стратосферная система связи, миллиметровый диапазон, энергетический бюджет радиолинии, инновационные технологии, увеличение зоны обслуживания, расширение частотного ресурса, Project Loon, Internet.org

В останній час збільшилась зацікавленість фахівців стратосферними системами зв'язку завдяки їх певним перевагам в порівнянні з наземними та супутниковими системами за топологією розташування, а також через сучасний розвиток технологій. На цей час, компанії Google і Facebook для збільшення числа користувачів проводять випробування стратосферних ретрансляторів. Аналітики стверджують, що розвиток стратосферних систем зв'язку може значно змінити напрямки розвитку телекомунікацій.

Проекти створення стратосферних систем зв'язку з певною періодичністю з'являлися починаючи з 1940-х рр., коли розглядалася концепція використання стратосферних дирижаблів в якості низькоорбітальних супутників Землі.

Принцип роботи стратосферних систем зв'язку полягає в тому, щоб розмістити приймально-передавальне обладнання (по суті – базові станції) на безпілотних повітряних платформах (рис. 1). В якості таких платформ можуть використовуватися повітряні кулі, дрони, дирижаблі і т.ін., які повинні летіти на висоті 18-25 км, що не заважає цивільній авіації (13-15 км).

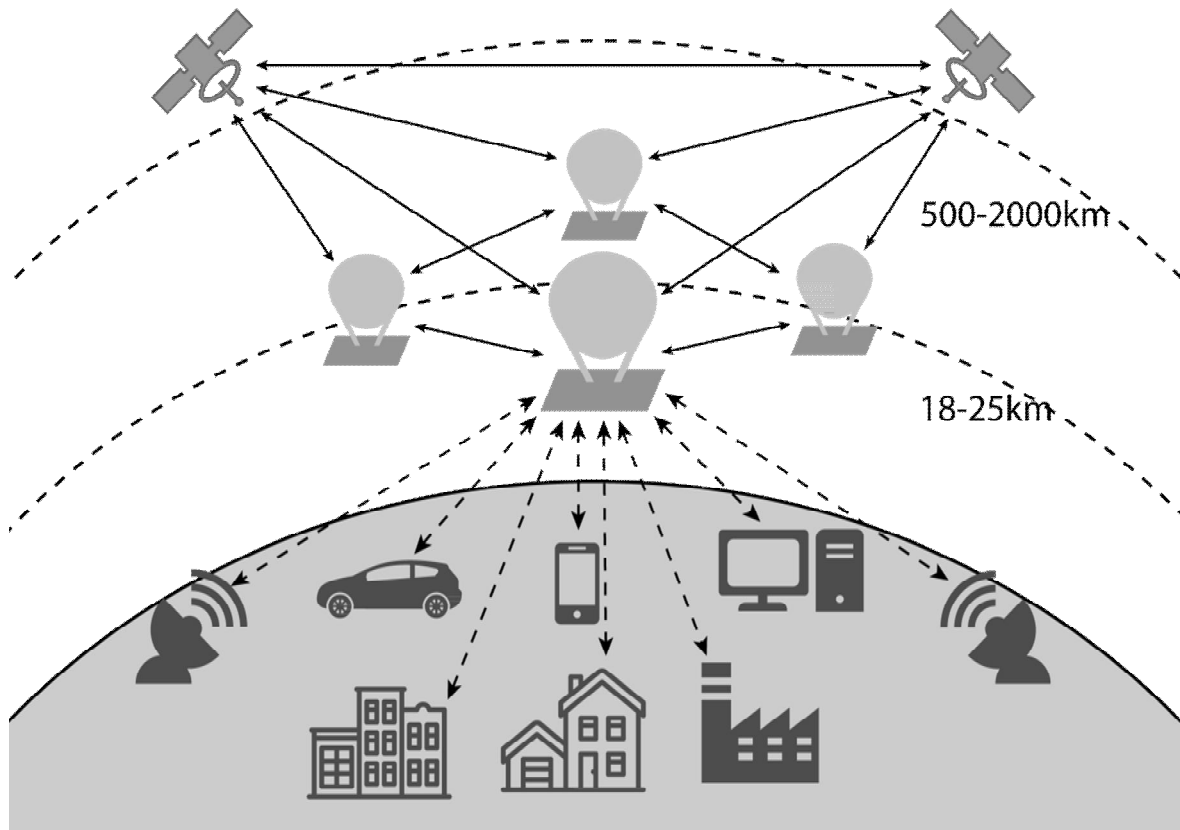


Рис. 1. Телекомунікаційна схема роботи стратосферного комплексу

У стратосфері має одночасно знаходитися декілька платформ, які об'єднуються в власну mesh-мережу (топологія "кожен-з-кожним"), і мають зв'язок із супутниковою низькоорбітальною системою та наземними радіостанціями (користувачами). На таких висотах швидкість вітрів спадає до мінімуму (близько 10 м/с), а також відзначається відносна сталість їх напрямку. Крім того, густина повітря на такій висоті в 30-40 разів менша, ніж в приземному шарі. Передбачалося, що основним польотним режимом при експлуатації стратосферних платформ буде зависання над заданою точкою земної поверхні і дрейф в межах близько 500 м.

На даний момент заявлено понад 250 проектів стратосферних платформ для систем зв'язку, дистанційного спостереження, зондування Землі та інших наукових і практичних цілей. До найбільших переваг використання стратосферних систем зв'язку для поліпшення техніко-економічних показників телекомунікаційних систем можна віднести:

- розширення частотного ресурсу (дефіцит якого є загальносвітовою проблемою) до міліметрових хвиль і оптичного діапазону [1, 2];
- створення високошвидкісних магістралей нарівні з оптичними;
- розширення зони обслуговування;
- істотне зниження показника ціна/послуга для забезпечення зв'язку, що може стати стимулом розвитку інноваційних технологій.

Приблизно з 2010 року знову збільшилась зацікавленість ІТ-компаній до стратосферних систем зв'язку завдяки розвитку нових інноваційних технологій, особливо в області регенеративних енергетичних елементів, телекомунікаційного обладнання, нанотехнологій. За останніми даними, компанії Google і Facebook, для збільшення числа користувачів в малонаселених і малодоступних районах Землі, проводять з 2013 року випробування у рамках своїх проектів Project Loon і Internet.org

по запуску стратосферних ретрансляторів [3]. З 2016 року Google планує випробування в Е-діапазоні 71-76 ГГц, 81-86 ГГц 92-94 ГГц и 94,1-95 ГГц.

Освоєння стратосферних систем зв'язку може призвести до таких якісних результатів:

- істотне розширення частотного ресурсу за рахунок організації двох-сегментної системи, у якій може використовуватися оптичний діапазон для зв'язку стратосферних платформ з супутниками і між собою, а у вертикальних трасах між стратосферної платформою і наземними точками доступу може використовуватися міліметровий діапазон;

- збільшення зона покриття, наприклад, для висоти стратосферного ретранслятора 20 км - до 500 км;

- істотне зниження показнику ціна/послуга для надання зв'язку (інтернет, телефонія, телебачення) у порівнянні з супутниковими, наземними і проводовими системами;

- енергетично вигідним стане використання сонячних накопичувальних елементів, вузькоспрямованих антен, малопотужних ретрансляторів, вертикальних і похилих радіотрас із згасанням в активній нижній зоні тропосфери в середньому 2 км;

- швидкості передачі інформації при використанні міліметрового і оптичного діапазонів становитимуть понад 1 Гбіт/с.

Для розрахунку енергетичного потенціалу міліметрових систем зв'язку за останнім часом існують різні підходи фахівців [1, 2, 4, 5]. У табл. 1 подано для порівняння різні підходи до оцінки енергетичного бюджету радіоліній для частот 2,4 ГГц и 72 ГГц.

**Варіанти розрахунку енергетичного бюджету стратосферної радіолінії** Табл. 1

Параметр	Підсилення/ослаблення, дБ			
	20	1	20	20
Протяжність радіолінії, км	20	1	20	20
Частота несучої, ГГц	2,4	72	72	72
Математична модель розрахунку енергетичного потенціалу	Фрііса Т.Г.[4]			Шахновича І.В.[4]
Потужність передавача, дБм	27 (500 мВт)	35 (3 Вт)	45 (32 Вт)	10 (10мВт)
Підсилення передавальної антени, дБі	25	23	28	50,6 дБ/0,48° (dt = 0,6 м)
Втрати при поширенні у вільному просторі, дБ	-126	-129,5	-158,5	–
Втрати при поширенні в атмосфері, дБ	-	- 0,5	-	–1
Підсилення приймальної антени, дБі	25	23	28	50,6 дБ/0,48° (dr = 0,6 м)
Прийнята потужність, дБм	-69			–60
Втрати у коаксіальному кабелі та роз'єднувачах передавального (приймального) тракту	-7(-7)			

В стратосферному комплексі при перспективному підході для вирішення завдання розподілу абонентів і забезпечення високої швидкості передачі даних доцільно застосовувати МІМО/Smart-технологію, сигнали складної форми (хаотичні, надкороткі імпульсні, модульовані всередині імпульсу і т.п.); програмні розробки для визначення залежності від умов проходження сигналу через трасу для зміни видів модуляції, потужності передавача, видів каналного кодування сигналу, параметрів розширення спектра, швидкості передачі даних.

### **Література**

1. Жоую Пи. Введение в широкополосные системы связи миллиметрового диапазона / Жоую Пи, Фарук Хан // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2012. – № 3. – С. 86-94.
2. Ильченко М.Е. Радиотелекоммуникационные системы терагерцового диапазона / М.Е. Ильченко, Т.Н. Нарытник, Б.Н. Шелковников, В.И. Христенко // Электроника и связь. – 2011. – №3. – С. 205-210.
3. Wanderer From. Нет повести \*\*\* на свете, чем повесть о бесплатном интернете [Электронный ресурс] / Wanderer From // – Режим доступа : <http://nag.ru/articles/article/28410/net-povesti-na-svete-chem-povest-o-besplatnom-internete.html>.
4. Шахнович И. Миф о затухании свободного пространства: чего не писал Г. Т. Фриис / И. Шахнович // Первая миля. – 2014. – № 2. – С. 40-45.
5. Millimeter Wave Wireless Communications for 5G Cellular: It will work! Professor Theodore (Ted) S.Rappaport. – New York University School of Engineering. – Sept. 5, 2014.

### *Автори статті*

**Дружинін Володимир Анатолійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел. +380 (50) 604 17 51. E-mail: v\_druzhinin@mail.ua.

**Кременецька Яна Адольфівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел. +380 (67) 302 22 42. E-mail: ya.cremen@mail.ru.

**Жукова Олена Ромуальдівна** – старший викладач кафедри телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел. +380 (96) 701 77 79. E-mail: zhukova.olena@gmail.com.

### *Authors of the article*

**Druzhynin Volodymyr Anatoliyovych** – doctor of sciences (technical), professor, head of telecommunication technologies department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel. +380 (50) 604 17 51. E-mail: v\_druzhinin@mail.ua.

**Kremenetska Yana Adolfovna** – candidate of sciences (technical), assistant professor of telecommunication technologies department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel. +380 (67) 302 22 42. E-mail: ya.cremen@mail.ru.

**Zhukova Olena Romualdivna** – senior lecturer of telecommunication technologies department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel. +380 (96) 701 77 79. E-mail: zhukova.olena@gmail.com.

Дата надходження в редакцію: 04.03.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. К.С. Сундучков