

**Розробка радіолінії із гігабітною пропускною здатністю терагерцового діапазону для надвисокошвидкісних розподільчих мереж доступу**

**Разработка радиолинии с гигабитной пропускной способностью терагерцового диапазона для сверхвысокоскоростных распределительных сетей доступа**

**Development of radio with gigabit bandwidth terahertz range for ultra-high distribution of access networks**

**1. Номер державної реєстрації теми - 0115U002330,**

**2. Науковий керівник – к.т.н., академік УАН, проф. Наритник Т.М., Нарытник Т.Н., Narytnik Teodor M**

**3. Суть розробки, основні результати.**

**(укр.)**

Отримано експериментальний зразок цифрової радіолінії із гігабітною пропускною здатністю, що функціонує в терагерцовому діапазоні і який може бути використаний в надвисокошвидкісних розподільчих мережах мобільного зв'язку нового покоління для забезпечення передавання та приймання цифрової інформації зі швидкістю до 1 Гбіт/с в діапазоні частот 128 – 134 ГГц на дальності зв'язку в межах 1 км.

Спроектовано головні функціональні вузли передавально-приймального тракту каналу радіозв'язку терагерцового діапазону з використанням програмного забезпечення. Проведено дослідження, коригування та оптимізація окремих функціональних вузлів радіолінії. Налагоджена структурна схема спроектованої експериментальної установки для дослідження сигналів цифрового телебачення при їх передаванні по приймально-передавальному тракту терагерцового діапазону.

Визначено можливість радіорелейної лінії терагерцового діапазону передавати сигнали 137 каналів стандарту DVB-S зі швидкістю 5.206 Гбіт/с на відстані до 2,3 км, при наявності підсилення вихідної потужності передавального тракту до 50 мВт.

Реалізовано гетерогенний дуплексний режим роботи радіолінії із гігабітною пропускною здатністю в терагерцовому діапазоні 130–134 ГГц, для тестування якої в лабораторних умовах розроблена методика випробування.

Запропоновано технічне рішення щодо створення функціональних вузлів приймального і передавального трактів з накачкою на основній гармоніці та з використанням квазіоптичних і просторових методів сумування потужності, що дозволить вперше створити в терагерцовому діапазоні передавальні (з вихідною потужністю до 5 мВт) та приймальні (з коефіцієнтом шуму на рівні 10 дБ) радіотракти.

Обґрунтовано та запропоновано технічні рішення щодо підвищення пропускної здатності і збільшення зони покриття інформаційно-телекомунікаційних мереж з використанням телекомунікаційної системи терагерцового діапазону.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес. Розроблено новий розділ «Проектування радіорелейних систем терагерцового діапазону» з навчальної дисципліни «Безпроводові телекомунікаційні системи ТКС-1». Розроблено лабораторну роботу для практикуму «Дослідження передавання радіосигналів цифрового телебачення по радіорелейній лінії терагерцового діапазону» з навчальної дисципліни „Радіорелейні та тропосферні системи передачі”. Видана 1 монографія відповідно до вимог МОН. Отримано 7 патентів України на корисну модель та 2 рішення про видачу патентів України на винаходи. Опубліковано 11 статей (з них 5 – в журналах, що входять до науково-метричних баз даних WebofScience та Scopus з індексом SNIP  $\geq 0,8$  (SourceNormalizedImpactPerPaper), опубліковано 20 доповідей на 5 міжнародних конференціях. Захищено одну магістерську роботу.

Розробка відповідає світовому рівню. Розроблено нові схемо-технічні рішення та технології створення апаратно-програмних засобів радіорелейної лінії діапазону частот 128-134 ГГц для передачі надвисокошвидкої (до 1,2 ГГбіт/с) передачі цифрової інформації.

Результати роботи використовуються спільно з ВАТ «Меридіан» ім. С.П.Корольова (м.Київ) у рамках виконання робіт по проектуванню контрольно-вимірювальної апаратури субтерагерцового діапазону та Одеським обласним радіотелевізійним передавальним центром (м. Одеса) (договір № С/986 від 20.06.2016 р.) для створення засобів передачі для побудови надвисокошвидкісних (понад 1 Гбіт/с) транспортних розподільчих мереж

**(рос.)**

Получено экспериментальный образец цифровой радиолинии с гигабитной пропускной способностью, функционирующий в терагерцовом диапазоне и который может быть использован в сверхвысокоскоростных распределительных сетях мобильной связи нового поколения для обеспечения передачи и приема цифровой информации со скоростью до 1 Гбит / с в диапазоне частот 128 - 134 ГГц на дальности связи в пределах 1 км.

Разработанные методы программного обеспечения для проектирования главных функциональных узлов передающе-приемного тракта канала радиосвязи терагерцового диапазона. Проведены исследования, корректировка и оптимизация отдельных функциональных узлов радиолинии. Налажена структурная схема спроектированной экспериментальной установки для исследования сигналов цифрового телевидения при их передаче по приемо-передающему тракту терагерцового диапазона.

Определена возможность радиорелейной линии терагерцового диапазона передавать сигналы 137 каналов стандарта DVB-C со скоростью 5.206 Гбит / с на расстоянии до 2,3 км, при наличии усиления выходной мощности передающего тракта до 50 мВт.

Реализовано гетерогенный дуплексный режим работы радиолинии с гигабитной пропускной способностью в терагерцовом диапазоне 130-134 ГГц, для тестирования которой в лабораторных условиях разработана методика испытания.

Предложено техническое решение по созданию функциональных узлов приемного и передающего трактов с накачкой на основной гармонике и с использованием квазиоптических и пространственных методов суммирования мощности, что позволит впервые создать в терагерцового диапазона передаточные (с выходной мощностью до 5 мВт) и приемной (с коэффициентом шума на уровне 10 дБ) радиотракта.

Обоснованы и предложены технические решения по повышению пропускной способности и увеличения зоны покрытия информационно-телекоммуникационных сетей с использованием телекоммуникационной системы терагерцового диапазона.

Результаты работы внедрены в учебный процесс. Разработан новый раздел «Проектирование радиорелейных систем терагерцового диапазона» по дисциплине и разработано лабораторную работу для практикума «Исследование передачи радиосигналов цифрового телевидения по радиорелейной линии терагерцового диапазона» по учебной дисциплине «Беспроводные телекоммуникационные системы ТКС-1». Получено 7 патентов Украины на полезную модель и 2 решения о выдаче патентов Украины на изобретения. Опубликовано 13 статей (из них 5-в журналах, входящих в научно-метрических баз данных Web of Science и Scopus с индексом SNIP  $\geq 0,8$  (SourceNormalizedImpactPerPaper), опубликовано 20 докладов на 5 международных конференциях. Защищено одну магистерскую работу.

Разработка соответствует мировому уровню. Разработаны новые схемы и технические решения и технологии создания апаратно-програмных средств радиорелейной линии диапазона частот 128-134 ГГц для передачи надвисокошвидкої (до 1,2 ГГбіт / с) передачі цифрової інформації. Результаты работы используются совместно с ОАО «Меридіан» ім. С.П.Королева (Київ) в рамках выполнения работ по проектированию контрольно-измерительной аппаратуры субтерагерцового диапазона и Одесский областной радиотелевизионный передающий центр (м. Одеса) (договор № С / 986 от 20.06.2016 г.) Для

создания средств передачи для построения надвисокошвидкісних (більше 1 Гбіт/с) транспортних розподільчих мереж

(англ.)

An experimental model of a digital radio link with a gigabit bandwidth is functional in the terahertz range, and which can be used in a new generation of ultra-high switching of mobile communication networks for transmitting and receiving digital data at a rate up to 1 Gbit / s in the frequency range 128 - 134 GHz range communication within 1 km.

The developed software methods for the design of the main functional units of the transmitting-receiving channel radio link terahertz range. The research, adjustment and optimization of the individual functional units of the radio link. Established a block diagram of the experimental setup designed for the study of digital television signals during transmission by transceiver path of the terahertz range.

The possibility of radio relay lines to transmit signals in the terahertz range 137 DVB-C standard channels at a rate of 5.206 Gbit / s at a distance of 2.3 km, in the presence of amplification output power transmission path of up to 50 mW.

Implemented heterogeneous duplex operation with radio gigabit throughput in the terahertz range 130-134 GHz for testing in a laboratory developed test procedure.

Proposed technical solutions to create functional units receive and transmit paths with the pump at the fundamental harmonic and the use of quasi-optical and spatial power summation methods that will allow for the first time to create in the terahertz transmission (with an output power up to 5 mW) and the receiver (with the noise factor at the level of 10 dB) of the radio.

Grounded and offered technical solutions to improve the capacity and increase the coverage area of information and telecommunication networks using a telecommunication system in the terahertz range.

Results of work are introduced in educational process. A new section "Designing of radio-relay systems in the terahertz range" on the subject "Wireless telecommunications system TKS-1." Designed for lab workshop "Study of the transmission of radio signals for digital television microwave link terahertz range" on a subject "relay and tropospheric communication system." 4 patents of Ukraine for utility model and 3 of the decision to grant patents of Ukraine for inventions. Published 11 articles (of which 5 in journals included in the scientific-metric database Scopus and Web of Science index SNIP  $\geq$  0,8 (SourceNormalizedImpactPerPaper), published 20 papers at international conferences 5. Protected by a master's thesis.

Development meets international standards. Novel schemes and technical solutions, and the technology of hardware and software for microwave frequency range 128-134 GHz line for transmitting nadvisokoshvidkoi (1.2 Gbit / s) digital data transmission. The results are used in conjunction with "Meridian" to them. Korolev (Kiev) as part of the work on the design of the instrumentation subteragertcovej range and Odessa Regional Broadcasting Center (m. Odesa) (contract number C/986 from 20.06.2016 g) To create a transfer of funds to build nadvisokoshvidkisnih (more than 1 Gbit /s) transport distribution networks

(Трьома мовами: укр., рос., англ., обсягом не менше 1500-2000 знаків кожною мовою).

#### **4.Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності**

- Патент на корисну модель №96519 (Україна). Мікрохвильова інтегрована телерадіоінформаційна система мультисервісного радіодоступу UMDS-NGN/ Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Сайко В.Г., Осама Турабі,Алі АбдаАлі Абдалла Ібрагім Ідріс, Полоневич А.П. - опубліковано 10.02.2015р. Бюл. №3.

- Патент на корисну модель №97537 (Україна). Мікрохвильова інформаційна система надання послуг передачі даних із використанням терагерцового діапазону/ Ільченко М.Ю. Наритник Т.М., Казіміренко В.Я – опубліковано 25.03.2015р. Бюл.№6.

- Патент на корисну модель №104299 (Україна). Канал безпроводового широкосмугового абонентського доступу до інформаційних ресурсів в терагерцовому діапазоні / Казіміренко В.Я., Коритова О.А., Сайко В.Г., Наритник Т.М., Лутчак О.В.- опубліковано 25.01.2016 р. Бюл.№2.

- Патент на корисну модель №107550 (Україна). Телерадіоінформаційна система широкосмугового мультисервісного радіодоступу з підвищеною пропускну здатністю/ Наритник Т.Н., Казіміренко В.Я., Сайко В.Г., Бреславський В.О. Лисенко Д.О.- опубліковано 10.06.2016 р. Бюл.№11.

- Патент на корисну модель №109005 (Україна). Мікрохвильова система широкосмугового безпроводового доступу з підвищеною щільністю покриття зони обслуговування UMDS-TN/ Наритник Т.М. Казіміренко В.Я., Сайко В.Г., Бреславський В.О., Єрмаков А.В.- опубліковано 10.08.2016р. Бюл.№15.

- Патент на корисну модель №110181 (Україна). Мікрохвильова система широкосмугового безпроводового доступу UMDS-meSH./ Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Сайко В.Г. , Бреславський В.О., Поршнев В.Л., Єрмаков А.В. – опубліковано 26.09.2016р., Бюл.№ 18.

- Патент на корисну модель №108734 (Україна). Пристрій для вимірювання відношення сигнал/шум в приймальних комплексах адаптивного мобільного радіозв'язку/ Наритник Т.Н., Сайко В.Г., Грищенко Л.М., Бреславський В.О., Лисенко Д.О., Дакова Л.В. – опубліковано 25.07.2016 р. Бюл.№14.

- Заявка на патент України на корисну модель №U201609561 з пріоритетом від 16.09.2016.Мікрохвильова система широкосмугового бездротового доступу UMDS-sarGM (system of asynchronous port of Gigabit module)/Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Лутчак О.В.,Єрмаков А.В.

- Заявка на патент України на корисну модель №U201609993 з пріоритетом від 30.09.2016..Мікрохвильова система широкосмугового безпроводового доступу UMDS-PP/Наритник Т.М., Казіміренко В.Я., Сайко В.Г. , Дакова Л.В.,Єрмаков А.В.

## **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Розробка відповідає світовому рівню. Розроблено нові схемо-технічні рішення та технології створення апаратно-програмних засобів радіорелейної лінії діапазону частот 128-134 ГГц для передачі надвисокошвидкої (до 1,2 ГГбіт/с) передачі цифрової інформації. Результати роботи використовуються спільно з ВАТ «Меридіан» ім. С.П.Корольова (м.Київ) у рамках виконання робіт по проектуванню контрольно-вимірювальної апаратури субтерагерцового діапазону та Одеським обласним радіотелевізійним передавальним центром (м. Одеса) (договір № С/986 від 20.06.2016 р.) для створення засобів передачі для побудови надвисокошвидкісних (понад 1 Гбіт/с) транспортних розподільчих мереж.

## **6. Економічна привабливість для просування на ринок (вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники).**

Вартість реалізації проекту включає в себе наступні витрати:

- Тестова експлуатація – 30 тис. USD
  - Організація виробництва продукції – 120 тис. USD
  - Організація реалізації продукції – 10 тис. USD
- Всього – 160 тис. USD

До Плану використання радіочастотного ресурсу України (розділ II) Постановою Кабінету Міністрів України №838 від 05.09.2012р. внесена радіотехнологія радіорелейного зв'язку в діапазоні частот 130-134 ГГц.

#### **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації):**

провайдери та оператори телекомунікацій, підприємства Концерну РРТ, науково-дослідні та проектно-конструкторські організації при створенні нового покоління телекомунікаційних систем, вищі навчальні заклади при підготовці фахівців та наукових кадрів телекомунікаційного профілю.

Потенційним виробником є науково-виробниче підприємство ВАТ «Меридіан» ім. С.П.Корольова при налагодженні виробництва розроблених передавальних та приймальних трактів терагерцового діапазону.

#### **8. Стан готовності розробки (лабораторний або промисловий зразок, технічна документація, бізнес-план, готова до впровадження).**

Створено експериментальний зразок цифрової радіолінії із гігабітною пропускною здатністю, що функціонує в терагерцовому діапазоні і який може бути використаний в надвисокошвидкісних розподільчих мережах мобільного зв'язку нового покоління для забезпечення передавання та приймання цифрової інформації зі швидкістю до 1 Гбіт/с в діапазоні частот 128 – 134 ГГц на дальності зв'язку в межах 1 км.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

. Розроблено нові схемо-технічні рішення та технології створення апаратно-програмних засобів радіорелейної лінії діапазону частот 128-134 ГГц для передачі надвисокошвидкої (до 1,2 ГГбіт/с) передачі цифрової інформації. Результати роботи використовуються спільно з ВАТ «Меридіан» ім. С.П.Корольова (м.Київ) у рамках виконання робіт по проектуванню контрольно-виміральної апаратури субтерагерцового діапазону (АКТ 17.08.2016 ), на виробничій базі конструкторського бюро «Пожспецмаш» шляхом використання уніфікованого пристрою завадостійкої передачі інформації у високошвидкісних каналах радіорелейного зв'язку терагерцового діапазону хвиль (АКТ 25.09.2016 )та Одеським обласним радіотелевізійним передавальним центром (м.Одеса) (договір №С/986 від 20.06.2016 р.) для створення засобів передачі для побудови надвисокошвидкісних (понад 1 Гбіт/с) транспортних розподільчих мереж

Результати роботи впроваджено в навчальний процес. Розроблено новий розділ «Проектування радіорелейних систем терагерцового діапазону» та лабораторну роботу для практикуму «Дослідження передавання радіосигналів цифрового телебачення по радіорелейній лінії терагерцового діапазону» з навчальної дисципліни «Безпроводові телекомунікаційні системи ТКС-1».

#### **10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.**

Науково-дослідний інститут телекомунікацій Національного технічного університету України «КПІ», кафедра телекомунікацій

#### **11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання (вагомі): (монографії, підручники, посібники, наукові статті, дисертації, інші публікації).**

##### **Статті**

1. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О., Наритник Т.М. Безпроводові системи зв'язку субтерагерцового та терагерцового діапазонів//Цифрові технології.- 2014.- Вип. 16. - С.40-59.

2. Наритник Т. М., Лутчак О.В. Апаратно-програмні рішення побудови гігабітного модему для радіорелейних ліній в терагерцовому діапазоні//Цифрові технології. №18- 2015.-с.43-53.
3. М.Ye. Pchenko, Т.М. Narytnyk, В.М. Radzikhovsky, S.E. Kuzmin, O.V. Lutchak Development of the Transmitting and Receiving Channels for Terahertz Band Relay Systems// Telecommunications and Radio Engineering Vol. 74, 2015, Number 11, pp.6-998.
4. Наритник Т.М., Лутчак О.В., Осипчук С.О. Уривський Л.О. Особливості формування сигнально-кодкових конструкцій на основі технології Wi-Fi для побудови телекомунікаційних систем терагерцового діапазону// Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».-Харьков.-2015.-№2(17).
5. Т.М. Narytnyk, O.V. Lutchak, S.O. Osypchuk, L.O. Uryvskiy Criteria and Algorithms for Shaping of the Signal-Code Sequences on the Basis of Wi-Fi Technology at Deployment of the Terahertz Band Telecommunication System Telecommunications and Radio Engineering Vol. 75 , 2015, Number 74 (2) pp.1823-1839.
6. Наритник Т.М., Осипчук С.О. Уривський Л.О. Реалізація концепції створення програмно-визначених радіосистем терагерцового діапазону на основі технології Wi-Fi//Цифрові технології. №18- 2015.-с.7-20.
7. Нарытник Т.Н., Казимиренко В.Я., Лутчак А.В. Анализ технических решений создания коммуникационных каналов в нелицензионном частотном диапазоне//Цифрові технології. №20- 2016.
8. Наритник Т.М., Авдєєнко Г. Л., Набока Б.Ю. Дослідження багатоканальних сигналів цифрового телебачення DVB - С при їх передаванні по приймально-передавальному тракту терагерцового діапазону// Цифрові технології. - 2016. - № 19.
9. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Радзиховский В.Н., Кузьмин С.Е., Лутчак А.В Проектирование передающего и приемного радиотрактов радиорелейных систем терагерцового диапазона// Электросвязь.-№2.-2016.-С.42-49.
10. Наритник Т.М., Лутчак О.В., Осипчук С.О. Уривський Л.О. Особливості формування сигнально-кодкових конструкцій на основі технології Wi-Fi для побудови телекомунікаційних систем терагерцового діапазону// Цифрові технології. - 2016. - № 20.
11. Ильченко М.Ю., Наритник Т. М. Телекомунікації терагерцового діапазону// Журнал «Винахідник і раціоналізатор // К: №3-2016.-С.30-36.
12. М.Ye. Pchenko, Т.М. Narytnyk, S.V.Denbnovetsky. O.V.May, O.V. Lutchak, A.I.Fisun, O.I.Belous //Simulation of functional units of the terahertz band transmitting and receiving radio systems Telecommunications and Radio Engineering Vol.75 , 2016, Number 11 , pp.1027 - 1039.
13. Т.М. Narytnyk. The ways of creation and use of telecommunication systems in the terahertz band transport distribution 5G mobile networks// Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».-Харьков.-2016.

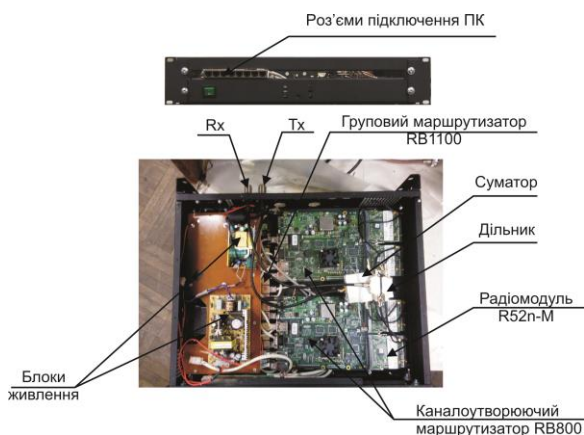
### **Матеріали конференцій**

1. Нарытник Т.Н., Набока Б.Ю., Ляшенко А.В. Особенности использования терагерцового диапазона при построении сверхвысоко-скоростных распределительных транспортных сетей мобильной связи// Матеріали Дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 2015.- С.266-269.
2. Наритник Т.М., Войтенко О.Г., Лутчак О.В. Апаратно-програмні рішення побудови гігабітного модему для радіорелейних ліній в терагерцовому діапазоні// Матеріали Дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 2015 С.205-211.

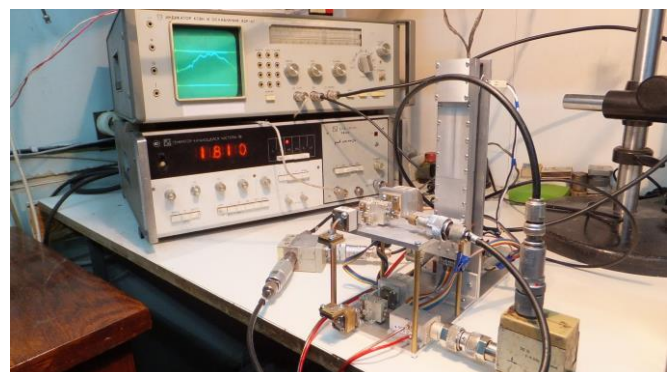
3. Наритник Т.М. Оцінка тропосферних радіорелейних станцій за критерієм електромагнітної безпеки// Матеріали Дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 2015.-С.260-263.
4. Ільченко М.Ю., Наритник Т. М., Радзіховський В.М., Кузьмін С.Є., Лутчак О.В. Розробка передавального та приймального трактів радіорелейної системи терагерцового діапазону// Матеріали Дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 2015.-С.29-32.
5. Кравчук С.О., Наритник Т.М. Аналітичний огляд телекомунікаційних систем субтерагерцового та діапазонів// Розробка передавального та приймального трактів радіорелейної системи терагерцового діапазону// Матеріали Дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 2015.-С.202-205.
6. Нарытник Т.Н., Корытова О.А., Казимиренко В.Я., Сайко В.Г. Способ расширения зоны обслуживания для обеспечения абонентского доступа к гетерогенной информационной сети// Матеріали Дев'ятої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 2015.-С. 263-266.
7. Нарытник Т.Н. Беспроводная линия связи терагерцового диапазона на базе технологий микроволновой электроники// Чотирнадцята міжнародна науково-технічна конференція “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”(ВООТТП-14-2015),С.228-230.
8. Наритник Т. М., Казіміренко В.Я., Коритова О.А., Набока Б.Ю. , Сайко В.Г. Дослідження використання терагерцового діапазону для створення мережі безпроводового ширококутового доступу// П'ятнадцята міжнародна науково-технічна конференція “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах” (ВООТТП-15-2015).С.13-15.
9. Ільченко М.Ю.Наритник Т.М. Казіміренко В.Я.Методи підвищення ефективності телекомунікаційних мереж терагерцового діапазону// Вторая IEEE научно-практическая конференция «Проблемы инфоком-муникаций. Наука и технологии» (PIC S&T-2015).-с.
10. Narytnik T.,Uryvsky L., Osypchuk S.Implementation of the Software Defined Radio concept in Terahertz range based on Wi-Fi// Вторая IEEE научно-практическая конференция «Проблемы инфокоммуникаций. Наука и технологии» (PIC S&T-2015).-с.209-212.
11. Наритник Т.М., Осипчук С.О,Уривський Л.О. Особливості формування сигнально-кодкових конструкцій на основі технології Wi-Fi для побудови телекомунікаційних систем терагерцового діапазону// Проблеми телекомунікацій. – 2015. – № 2 (17).[Електронний ресурс].
12. Наритник Т.Н., Набока Б.Ю., Авдеєнко Г. Л. Дослідження передавання радіосигналу цифрового телебачення стандарту DVB- S з використанням радіоканалу терагерцового діапазону//10-та міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 19-22.04.2016.- С.194-197.
13. Наритник Т.Н., Набока Б.Ю., Авдеєнко Г. Л.Дослідження передачі сигналів DVB-S по радіорелейній лінії терагерцового діапазону//10-та міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 19-22.04.2016.- С.198-200.
14. Наритник Т.Н., Єрмаков А.В., Казіміренко В.Я., Сайко В.Г. Дослідження мережі ширококутового абонентського доступу до інформаційних ресурсів в терагерцовому діапазоні//10-та міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 19-22.04.2016.- С. 213-215.
15. Drobina O.S., Avdeyenko G.L., Naritnik T.M.,Naboka B.Y. Digital radio signals transmission of DVB-T and DVB-T2 standards' by using terahertz frequency-band radio channel. //10-та міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій.-К.:НТУУ «КПІ», 19-22.04.2016.- С. С. 555-557.

16. Наритник Т.М., Єрмаков А.В. Підвищення ефективності використання інформаційного ресурсу в безпроводовій мережі широкосмугового доступу терагерцового діапазону// Матеріали 16-ої Міжнародної науково-технічної конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" (ВОТТП -16-2016) м.Одеса-с.22-23
17. Narytnyk T.Lutchak O.Uryvsky L. Osypchuk S. 1.2 Gbps radio link implementation in THz band based on IEEE 802.11n standard// Event Title: 2016 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom) 6-9 June 2016. – Conference proceedings.
18. Narytnyk T.Lutchak O.Uryvsky L. Osypchuk S. Gigabit wireless system in 130 GHz band based on 802.11n transceivers // Event Title: 2016 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom) 6-9 June 2016. – Conference proceedings.
19. Згуровський М.З., Ільченко М.Ю., Наритник Т.М. Привернення уваги до використання аеростратосферних телекомунікаційних систем // Матеріали Першої Міжнародної науково-технічної конференції "РадіоЕлектроніка та ІнфоКомунікації.- м.Київ.-Вересень 2016 р.
20. Наритник Т.Н., Ильченко М.Е., Лутчак А.В. ,Денбновецкий С.В., Май А.В. Моделирование функциональных узлов передающего и приемного радиотрактов терагерцового диапазона// Third International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology».4-6 октября. 2016-Харьков.
21. Narytnyk T. The Ways of Creation and Use of Telecommunication Systems in the Terahertz Band Transport Distribution 5G Mobile Networks / Teodor Narytnyk // 2016 Third International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications be used on this conference proceedings. Consistency is required to ensure that Science and Technology (PIC S&T), 2016. – P. 36–39.
22. Сайко В.Г., Казмиренко В.Я., Грищенко Л.М., Нарытник Т.Н. Радиоканал передачі інформації в терагерцовому діапазоні//Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Фізико-технологічні проблеми передавання, обробки та зберігання інформації в інфокомунікаційних системах», 3-5 листопада 2016 року.- Чернівецький національний університету імені Юрія Федьковича.- стр.41.

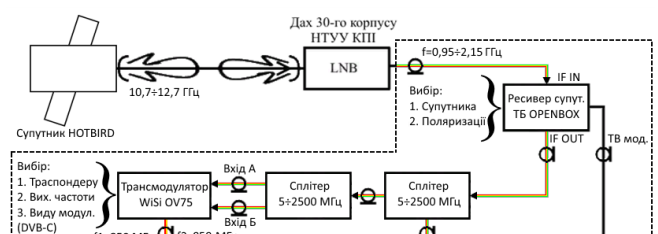
**12. Фото або слайди (декілька з фото) презентації розробки в електронному вигляді (рекламного характеру).** Якщо фото надається окремим файлом, бажано використовувати JPEG формат.



**Рис.1 - Фото лабораторного зразка зразка гігабітного модему G1**



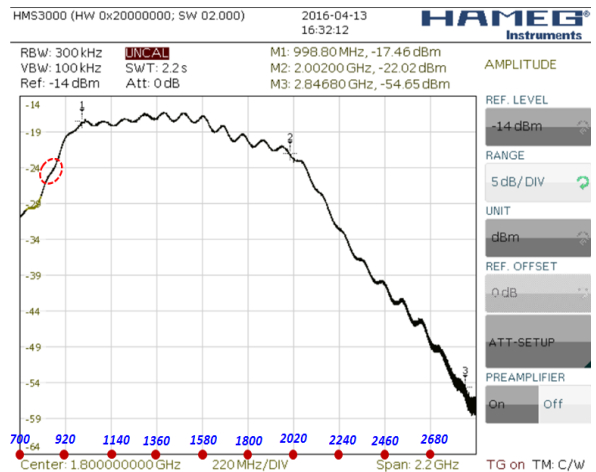
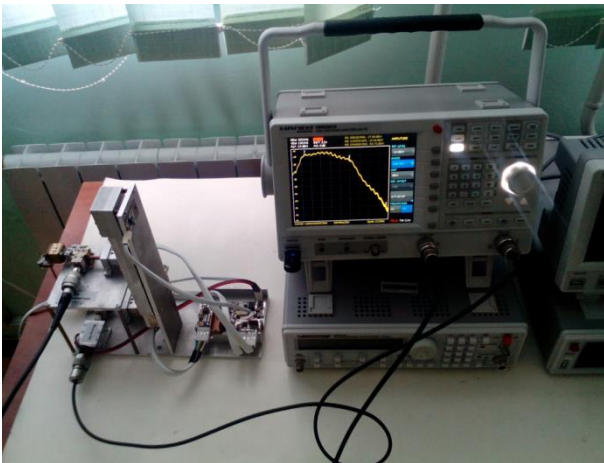
**Рис. 2 - Стенд для дослідження приймально-передавального тракту**



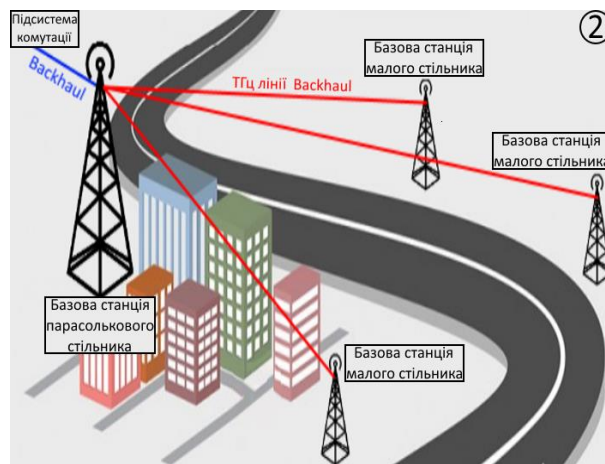


**Рис. 3 -Вимірний спектр широкосмугового сумарного сигналу**

**Рис.4 – Структурна схема експериментальної установки для дослідження багатоканальних сигналів цифрового телебачення**



**Рис.5 – Стенд та результати дослідження частотної залежності коефіцієнту ередачі приймальнопередавального тракту терагерцового діапазону з використанням аналізатора спектра HAMEG HMS3000**



**Рис. 6 - Схема використання радіолінії терагерцового діапазону в транспортних розподільчих мережах мобільного зв'язку**