

ДОДАТОК А  
СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ

Харківський національний університет радіоелектроніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему:

Аналіз особливостей планування мереж для надання  
послуг інтернет з використанням технології PON

Студент:  
Група:  
Керівник:

Ключко Андрій Володимирович  
ІМІзм-19-2  
доц. Харченко Наталія Андріївна

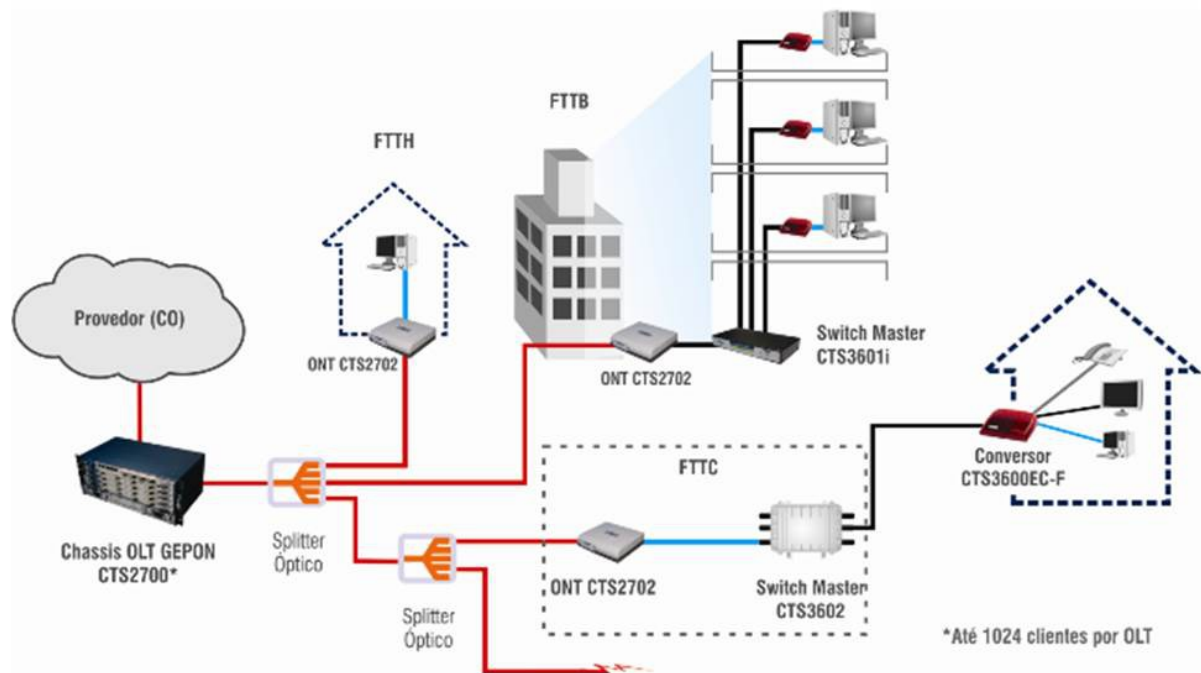
Харків 2021 р.

2

**Актуальність роботи.** Робота представляє інтерес в рамках розвитку оптичних мереж доступу на базі архітектури FTTH з використанням технології PON, які дозволяють підвищувати пропускну здатність каналів зв'язку та розширяти обсяги нових послуг при передачі даних у мережах абонентського доступу.

**Мета роботи.** Провести аналіз основних принципів побудови та тенденцій розвитку пасивних оптичних мереж абонентського доступу.

## Архітектурні рішення технологій FTTx



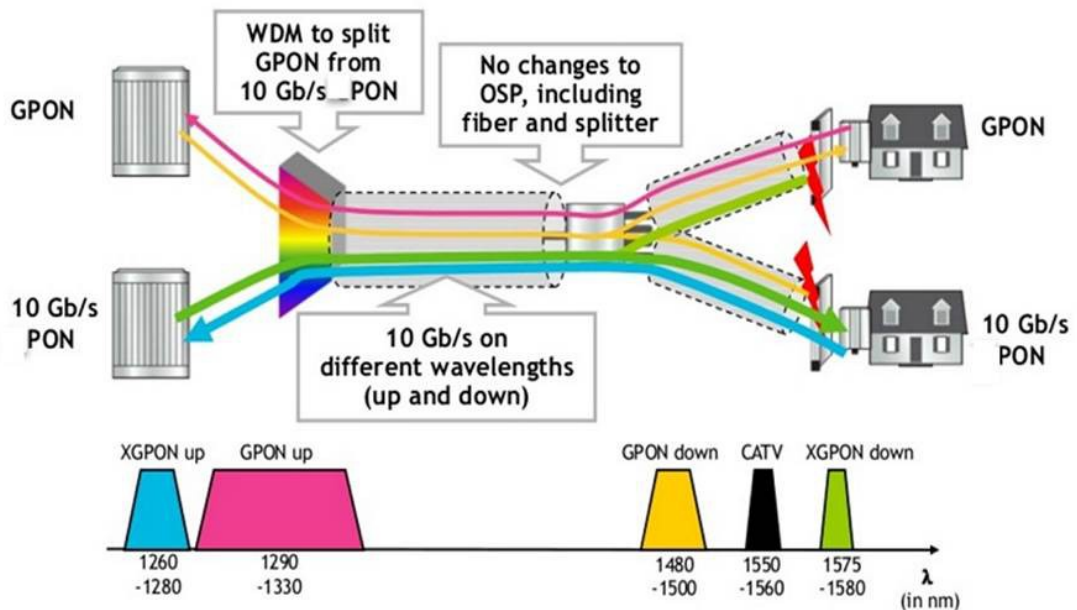
## Організація FTTH на базі PON



### Переваги:

- економія оптоволоконного кабелю;
- економія портів на центральній АТС або в точці присутності;
- накладення аналогового відеосигналу;

## Технології PON нового покоління (NG-PON)



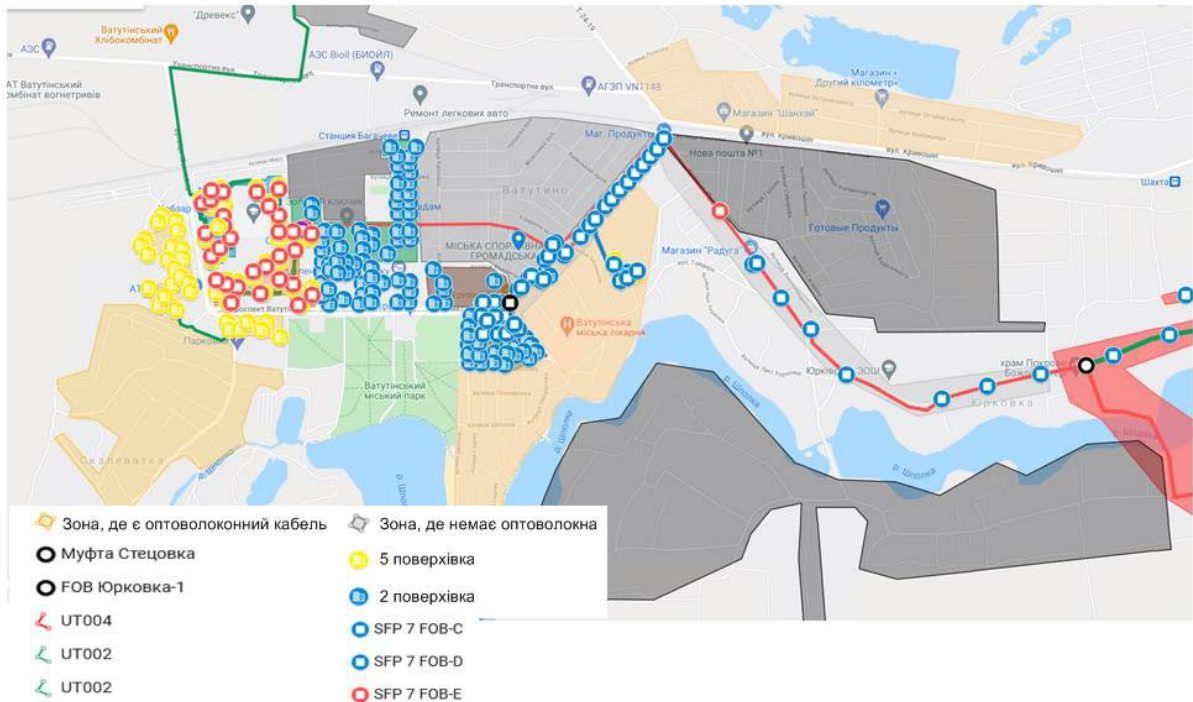
Інтеграція довжин хвиль для 10 G-PON з висхідними та спадними каналами передачі даних

## Проблеми при побудові PON і методи їх вирішення

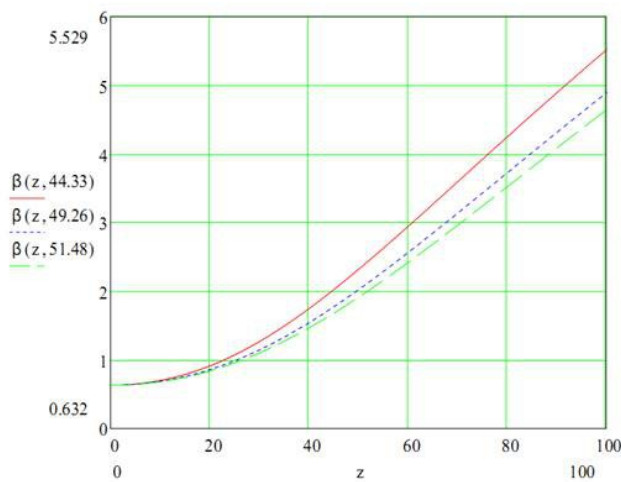
- *Слабкий сигнал у абонента*
- *Неконтрольоване випромінювання в дереві на довжині хвилі 1310 нм*
- *Флуд*
- *Застосування вимірювального встаткування в PON*
- *Проблема побудови «останніх миль»*



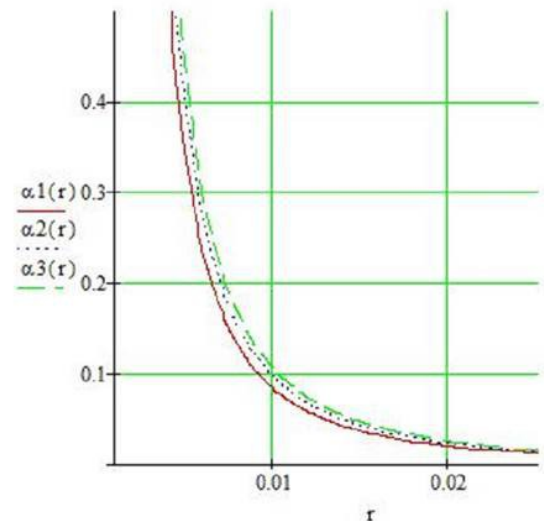
## Топологічна схема мережі доступу міста Ватутіно на основі технології GPON



## Аналіз особливостей виявлення дефектів у лінії при тестуванні мереж PON



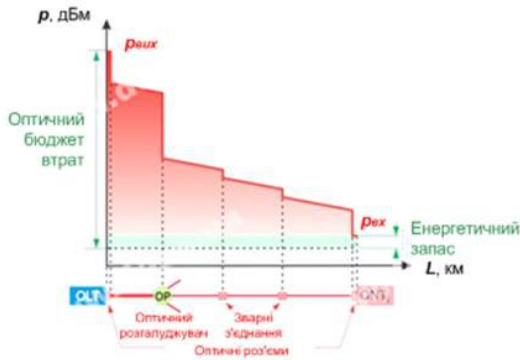
Залежність втрат в поздовжньому зсуві роз'ємного з'єднання



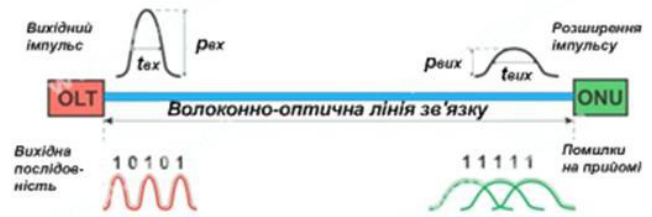
Залежність втрат на макровигині оптичного волокна

# Фактори, що впливають на якість передачі в PON

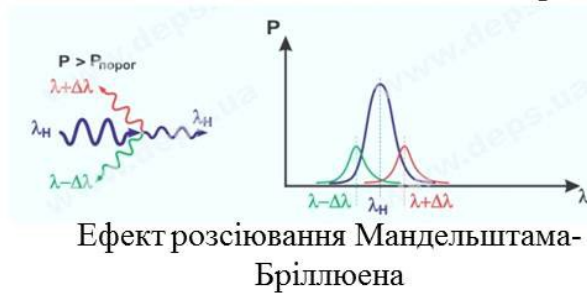
## 1. Згасання сигналу



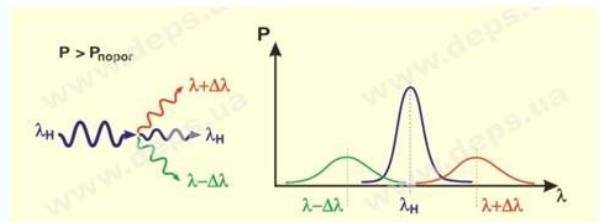
## 2. Дисперсія оптичних сигналів



## 3. Нелінійні ефекти в оптичних волокнах

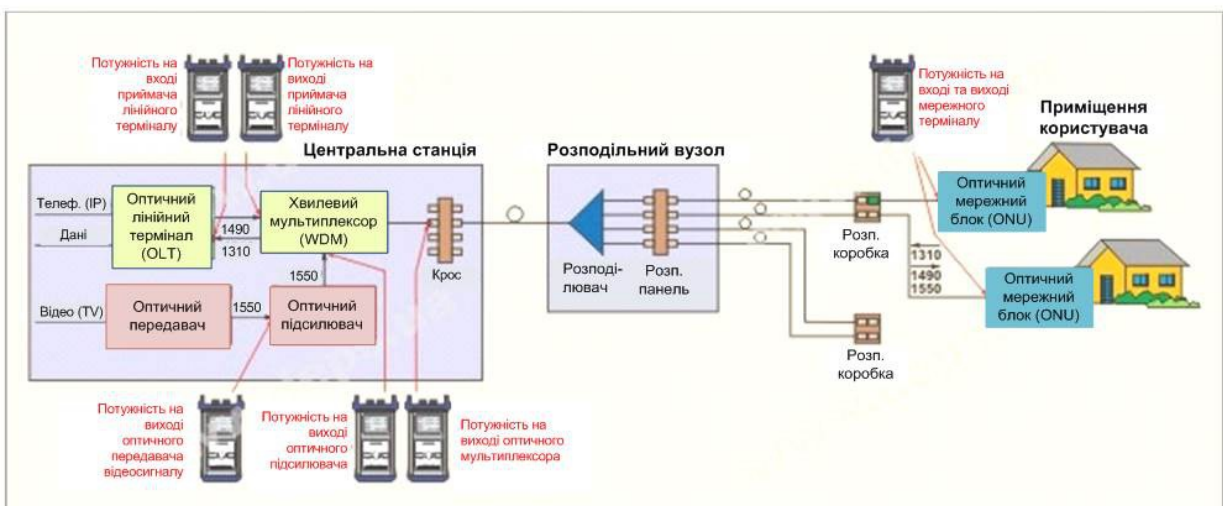


Ефект розсіювання Манделштама-Бріллюена

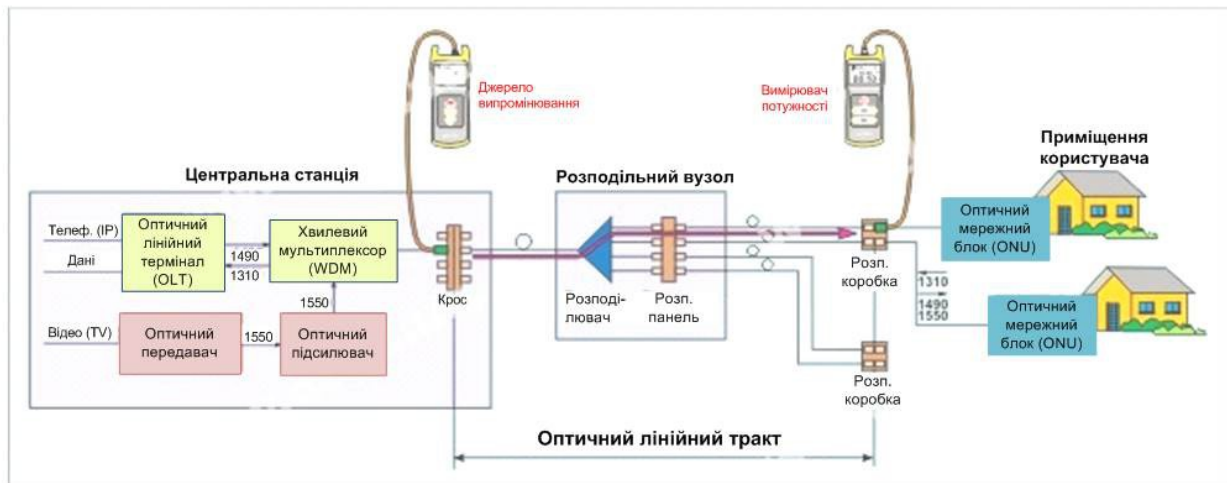


Ефект розсіювання Рамана

# Вимірювання оптичної потужності на виході передавальних пристроїв



## Вимірювання згасання в оптичному лінійному тракті



## Висновки

У даній кваліфікаційній роботі проведено огляд технологій побудови оптичних мереж доступу, обрана архітектура для побудови мережі та проведено аналіз особливостей планування та побудови технології FTTH PON.

У даній роботі проводився аналіз існуючих технологій PON та подальших перспектив її розвитку, досліджено методи впровадження нових технологій та відзначено перспективи технологій 10G-EPON та WDM-PON. Проведено аналіз принципів побудови оптичних мереж доступу, розглянуто можливі проблеми та методи їх вирішення.

На основі технічного завдання проведено планування мережі абонентського доступу с. Ватугіно, обрано необхідні для побудови пасивні елементи та принцип прокладки кабелю. Проведено розрахунки оптичного бюджету потужності й бюджету втрат лінії. Після проведених розрахунків бюджету лінії зроблено висновки, що проектувана мережа працездатна й має запас в 8,825 дБ.

Проведено теоретичний аналіз дефектів, які проявлялися в процесі монтажу і налагодження мереж PON. Він показав, що різні за своєю природою дефекти монтажу викликають збільшення втрат випромінювання, які істотно залежать від природи дефекту. Вигини волокна призводять до більшого зростання втрат на довжині хвилі 1625 мкм, тоді як недостатньо щільна фіксація оптичних роз'ємів істотно сильніше позначається на згасанні випромінювання 1310 нм.

Результати теоретичних досліджень підкріплено практичними вимірами на реалізованій мережі. Також проведені у роботі дослідження знайшли апробацію у докладі та тезах для одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління»/

Доклад завершено.  
Дякую за увагу!

ДОДАТОК Б  
ПУБЛІКАЦІЇ

ВІЙСЬКОВА АКАДЕМІЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ  
АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОЇ РЕСПУБЛІКИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДП "ПІВДЕННИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПРОЕКТНО-  
КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ТА НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ  
ІНСТИТУТ АВІАЦІЙНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ"

УНІВЕРСИТЕТ МІСТА ЖИЛІНА

---

**СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ  
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ  
УПРАВЛІННЯ**

Тези доповідей одинадцятої міжнародної  
науково-технічної конференції

8 – 9 квітня 2021 року

Том 1: секції 1, 2

Баку – Харків – Київ – Жиліна – 2021

учасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління

**УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ (секції 1, 2)**

Almadova G.M.	30	Бурухін Б.Є.	14	Іванісенко І.М.	74
Vondarenko M.E.	38	Варакута В.П.	7		75
Davydov V.	21	Варянич Д.О.	4		76
Filonenko A.M.	105	Вінокуров А.І.	109	Івашина А.Д.	117
Hashimov E.G.	31	Волк М.О.	39	Іващенко Г.С.	64
Hashimov E.Q.	26		40	Ільїна І.В.	44
Halavcheva D.	13		77	Кадироб А.В.	54
Hrebentuk D.	21	Герасименко С.В.	91	Калушечко С.В.	16
Huseynov A.G.	28	Герасимов С.В.	16	Калігіна О.М.	9
Ibrahimov B.G.	26		17	Каликов А.В.	10
Kosterna O.Yu.	97	Главец М.І.	22	Канюка М.М.	55
Kuchuk N.	21	Главецка Ю.М.	22	Каратаєв І.В.	80
Leshchenko Yu. O.	8	Глушук А.І.	119	Карлова О.О.	20
Mahatamov R.R.	31	Гнатенко В.В.	42	Клименко А.М.	75
Nastakalov A.R.	27	Голубов Р.К.	121	Клочко А.В.	93
Podorozhniak A.	13	Гончаренко Д.А.	84	Коберник Б.О.	120
Shevchuk S.A.	105	Гора М.В.	39	Коваленко А.А.	36
Shyman A.	21	Григоренко Д.С.	115		50
Tkachov V.M.	38	Григоров М.В.	67		61
Yalovcheva V.	13	Губка О.С.	98		62
Авер'янова Л.О.	48	Губка С.О.	98		63
Адамович В.Р.	106	Дацюк О.М.	48	Ковтунов Ю.О.	4
Актинлін О.Г.	5	Демченко М.Ю.	95		95
Андрієвський М.В.	5	Демчук В.Г.	39		96
Андрусенко Ю.О.	35	Дерюга М.В.	123	Козинський В.Д.	96
Бажак О.В.	18	Дрокін Р.С.	79	Козлов Ю.В.	54
Бабанюк Ю.О.	50	Дяченко В.О.	53	Колонтаєвський В.В.	104
Балденко О.І.	119		55	Колгун Ю.М.	80
Баранова О.А.	122		58		81
Барсуков А.І.	76	Сьланов М.В.	59	Комарец К.А.	20
Бельфін-Еррера О.М.	107	Смець М.О.	34		82
Білик К.М.	50	Сремко Н.В.	92	Конвалова О.В.	3
Бова І.В.	65	Срошенко О.А.	37	Конюченко І.В.	89
Бовчалок С.Я.	49	Запалдя К.О.	11	Конюнов В.Б.	23
Богун М.О.	86	Запоровський М.Й.	14	Конюнова О.А.	23
Бологова Н.М.	41		15	Корнієнко В.Р.	78
Бондар О.Р.	66		116	Корчак М.В.	88
Бондаренко М.М.	51		117	Кот В.В.	95
Будник О.В.	52	Запорожець Н.О.	43	Котов Д.О.	94
Буланов О.О.	14	Запорожець О.В.	24	Кошелєв С.О.	49
Бульба С.С.	109	Земскова А.О.	53	Кравченко М.О.	48
	110	Зінченко С.В.	44	Кравченко С.О.	46
	118		45		
Бульбах В.В.	6	Зубарєв А.С.	45	Красніков В.М.	9

Кременчуцький М.О.	15	Міхаль О.П.	58	Смідович Л.С.	10
Кузьмінюв Ю.О.	87	Можаяв О.О.	60		102
Кузььома Т.М.	56		83		103
Кулак Г.К.	106	Молчанов Г.І.	109	Соболь В.В.	112
Кулик С.В.	56		113	Судлаков В.О.	73
Кулик Ю.О.	10		114	Ткаленко О.В.	39
	102	Морозова Н.В.	25	Томах В.В.	55
Кутріков О.В.	61	Настенко О.С.	71	Тройно Т.В.	81
Куров А.М.	74	Новікова К.А.	37	Трофіменко М.О.	60
Курченко Ю.Ф.	19	Носик А.М.	19	Туровський П.	62
Кучук Г.А.	62		46	Удалов Д.В.	94
	121	Ольшанська Т.І.	40	Федоров О.В.	94
Лабецький О.Д.	47	Онїщенко О.І.	64	Федорович О.С.	11
Ламанов С.В.	63	Онїщенко Д.П.	111		12
Лебедєв В.О.	33	Осіка К.С.	118	Філімончук Т.В.	40
Лебедєв О.Г.	33	Осталецько О.В.	105		52
	56	Панченко В.І.	115		65
	57	Паргика С.О.	122		66
Лебедєва М.В.	58	Пашченко Г.І.	69		67
Лещенко О.Б.	99	Писаренко О.С.	100		68
	100	Піськова Т.С.	3		69
	101	Пітла Л.Л.	18		70
Лисенко А.А.	57	Полорожляк А.О.	108		71
Лисенко В.О.	99		111		72
Ліффар Д.С.	68		112		73
Лопенко А.А.	108	Позомаренко П.М.	6	Філіпенко І.В.	78
Луничин О.Г.	77	Приходько Д.С.	70		106
Лутай Л.М.	12	Прончаков Ю.Л.	11	Харченко Н.А.	91
Льобченко Н.Ю.	111	Разінькова Є.О.	72		92
Ляшенко Г.Є.	84	Рева О.А.	103		93
Ляшенко О.С.	20	Рева К.В.	85	Цяпа Т.В.	101
	82	Росінський Д.М.	50	Чеботарьова Д.В.	79
	83	Ропутич С.С.	17		85
	84	Русанова Є.В.	24	Черкашина Т.О.	109
Маковейчук О.М.	59	Севостьянова К.А.	34	Черних О.П.	123
Малухай Е.Е.	113	Севостьянова О.М.	71	Чернявський І.О.	82
	114		72	Шведко О.О.	83
Мартовийський В.О.	25	Семіхат В.В.	110	Шевель А.В.	16
	42	Скіддан Д.В.	54	Шемакн Є.Ю.	116
	43	Склярів А.С.	64	Шилова Т.М.	107
	45	Скорик Ю.В.	86	Шиярєв А.В.	89
	47		87	Юрченко Ю.Б.	117
Марунч І.М.	53		105	Янковський О.А.	51
Мезенєв М.В.	15	Скріпльов О.В.	58	Ярошевич Р.О.	36
Мірошинченко Р.О.	76	Скріпник Г.Ю.	59	Яшина О.С.	104

## **ВПЛИВ НЕЛІНІЙНИХ СПОТВОРЕНЬ, ЩО ВИКЛИКАНІ ВИМУШЕНИМ РОЗСИЮВАННЯМ МАНДЕЛЬШТАМА-БРІЛЮЕНА, В КАНАЛАХ ПАСИВНИХ МЕРЕЖ PON**

Ключко А.В., Харченко Н.А.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

На сьогоднішній день ведуться активні дослідження по вдосконаленню вже існуючих оптичних мереж доступу. Найбільш популярною серед таких технологій є пасивна оптична мережа (PON), що дозволяє підключити до 64 ... 128 абонентів до одного волокна, та надати їм ширококомовні послуги із загальною пропускною спроможністю до 2,5 ... 10 Гбіт/с. Подальше збільшення швидкості передачі в мережах PON можливе з підвищенням рівня введеної потужності та використанні смугозберігаючих видів модуляції. Але в такому разі слід враховувати обмеження, пов'язані з нелінійними спотвореннями світла в оптичному волокні, такими як ефект вимушеного розсіювання Мандельштама-Брілюена (ВРМБ) [1]. У загальному випадку для пасивної системи передачі ефект ВРМБ призводить до зниження відношення сигнал/шум (ВСШ) на приймальній стороні і, як наслідок - підвищення ймовірності помилки.

**Метою доповіді** є побудова математичної моделі оптичного, каналу передачі трафіку з урахуванням впливу нелінійних явищ на інформаційний сигнал, зокрема оцінка впливу нелінійних спотворень ВРМБ в PON.

В доповіді наводяться результати вимірювань характеристик реального сигналу для окремих сегментів оптичної мережі. Наведені дані показують, що при дуплексній передачі з розносом приймального та переданого сигналів по довжинам хвиль у каналі зв'язку будуть присутні дві стокові компоненти, по одній в кожному напрямку. Проведено дослідження впливу їх потужності на розповсюдження та детектування оптичних сигналів [2]. Таким чином, при визначенні бюджету потужності в сучасних мережах PON необхідно враховувати обмеження по рівню сигналів, що вводяться в лінію, так як перевищення визначеного порогу призводить до підвищення розсіювання сигналу в напрямку центрального вузла PON. Це в свою чергу призведе до деградації якості передавача та погіршенню ВСШ у приймачі.

### **Список літератури**

1. Рекомендації ITU-T G.984.3 (03/2008) Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Transmission convergence layer specification // Міжнародний Союз Електрозв'язку. Женева, 2009.

2. Кобцева В.М. Влияние нелинейных эффектов на работу высокоскоростных ВОСП / В.М. Кобцева, Е.А. Коротац, Н.А. Харченко // Матеріали 22-го Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті» Т.4 Конференція «Перспективи розвитку інфокомунікацій та інформаційно-вимірювальних технологій» (Харків, 17-19 квітня 2018р.) / Харків, ХНУРЕ, 2018. – С. 188-189.

