



# Дослідження завадостійкості когерентної волоконно-оптичної системи центру біомедичних досліджень

ст.гр. ТСМ-16м  
Куць В.





**Актуальність теми дослідження.** Актуальність базується на необхідності підвищення завадостійкості, яка в свою чергу залежить від значення OSNR. Збільшення пропускної здатності досягається за рахунок ускладнення формату модуляції. Складніший формат, в свою чергу, вимагає підвищеної енергетичної ефективності оптичних каналів, тобто збільшене значення OSNR. Результати дослідження дозволяють визначити додатковий ресурс оптичних каналів по OSNR за рахунок врахування додаткових факторів, що погіршують роботу ВОЛТ. Ці фактори не були враховані в інших дослідженнях та стандартах.



**Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи** є дослідження завадостійкості роботи волоконно-оптичної системи передачі центру біомедичних досліджень, яка характеризується підвищеною ефективністю використання телекомунікаційного обладнання на основі когерентної технології.

**Задачами магістерської кваліфікаційної роботи є:**

- дослідити метод оцінки, що дозволить визначити OSNR;
- дослідити метод оцінки OSNR в магістральних ROADM мультиплексорах;
- дослідити методику розрахунку граничної ширини спектру оптичного гетеродина в одноканальній системі;
- дослідити алгоритм відновлення фазових станів електричного сигналу при використанні багаторівневого формату оптичної модуляції КАМ-16 з мультиплексуванням по поляризації (DP-16QAM).



## **Наукова новизна одержаних результатів:**

- запропоновано методику розрахунку оптимальної ширини спектра оптичного гетеродина в одноканальній системі;
- запропоновано алгоритм відновлення фазових станів електричного сигналу при використанні оптичної модуляції DP-16QAM, на базі критерію мінімуму ймовірності помилки.
- вперше розроблено проект побудови високошвидкісних ВОЛТ для біомедичних центрів національного масштабу.

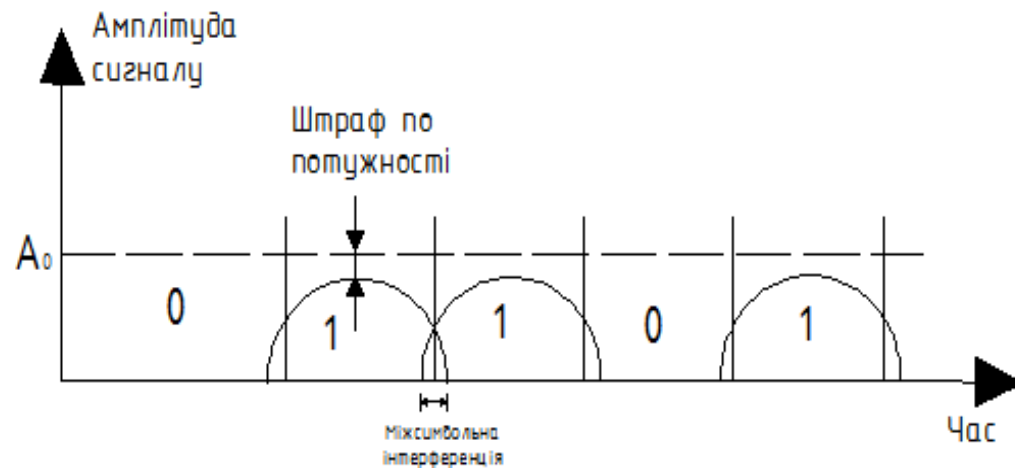
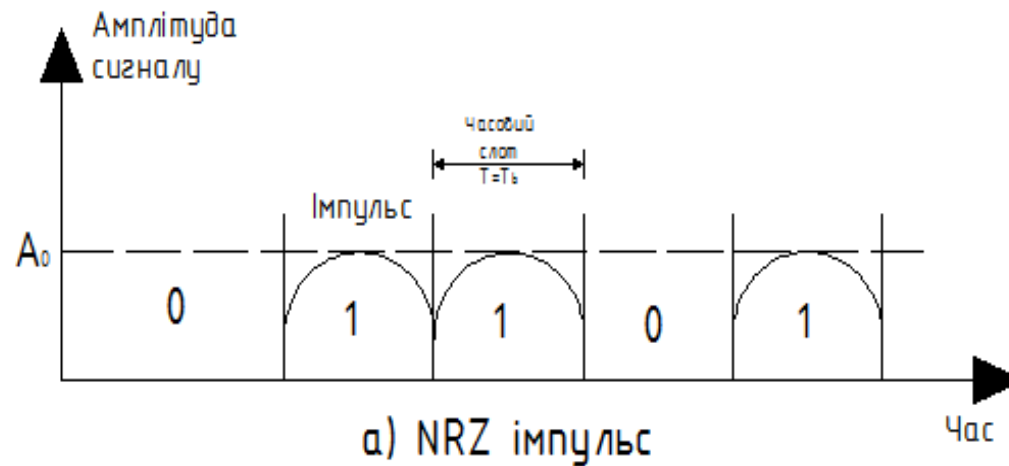
**Практичне значення.** Практичне значення полягає в можливості використання досліджених методів при проектуванні високошвидкісних систем оптичного зв'язку та розрахунку їх експлуатаційних параметрів. Розширення методології при оцінці оптичного бюджету мереж дозволить підвищити точність розрахунку ймовірності помилки.



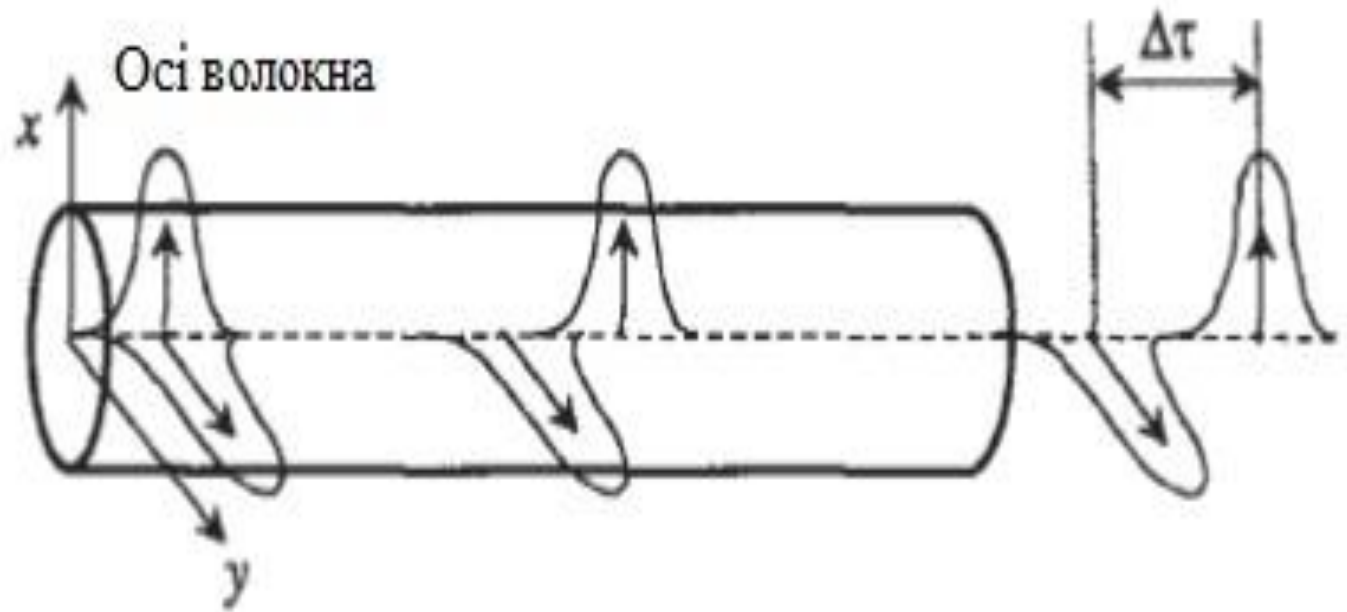
## **Фактори, які знижують ефективність оптичних каналів:**

- затухання;
- хроматична та поляризаційна дисперсія;
- чотирихвильове змішування;
- поява самомодуляції;
- перехресна модуляція;
- брюліанівське розсіювання;
- раманівське розсіювання.

# Хроматична дисперсія (вплив хроматичної дисперсії на амплітуду імпульсу)



# Поляризаційно-модова дисперсія (Особливості поширення світла в волокні)



# Чотирихвильове змішування

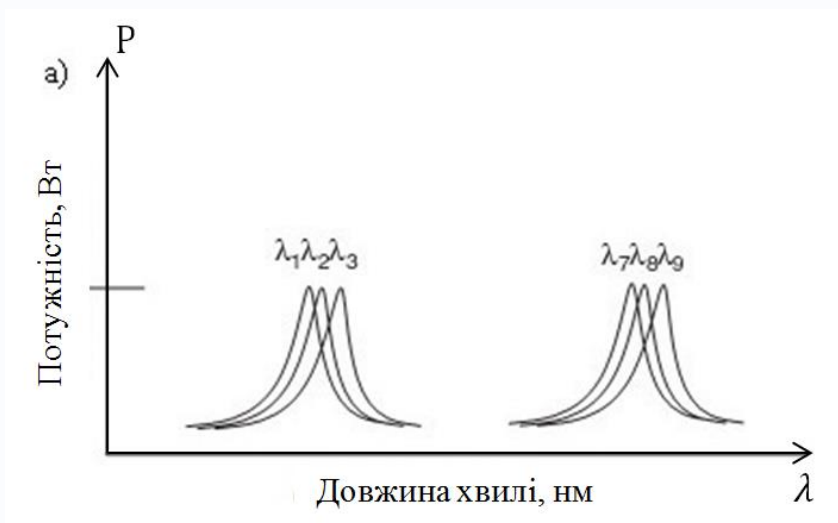
**Основними умовами виникнення даних перешкод в DWDM-системі є:**

- низьке значення хроматичної дисперсії в оптичному DWDM-тракті;
- невеликий міжканальний інтервал в DWDM-системі (12,5; 25; 50; 100 ГГц);
- високий рівень потужності оптичних сигналів у спектральних каналах.

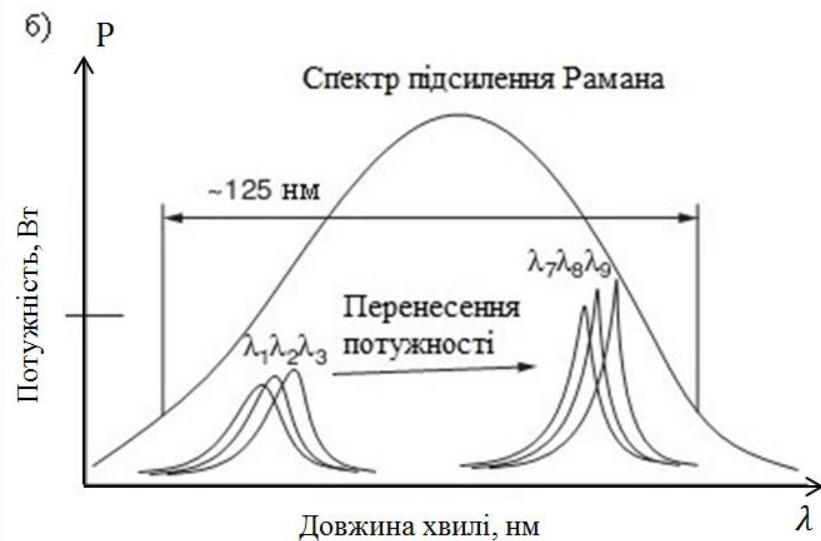




# Вимушене розсіювання Рамана (Явище розсіювання Рамана в DWDM системах)



а) спектр вихідного сигналу



б) вплив підсилення Рамана на спектр сигналу



# Досліджувана модель DWDM-системи

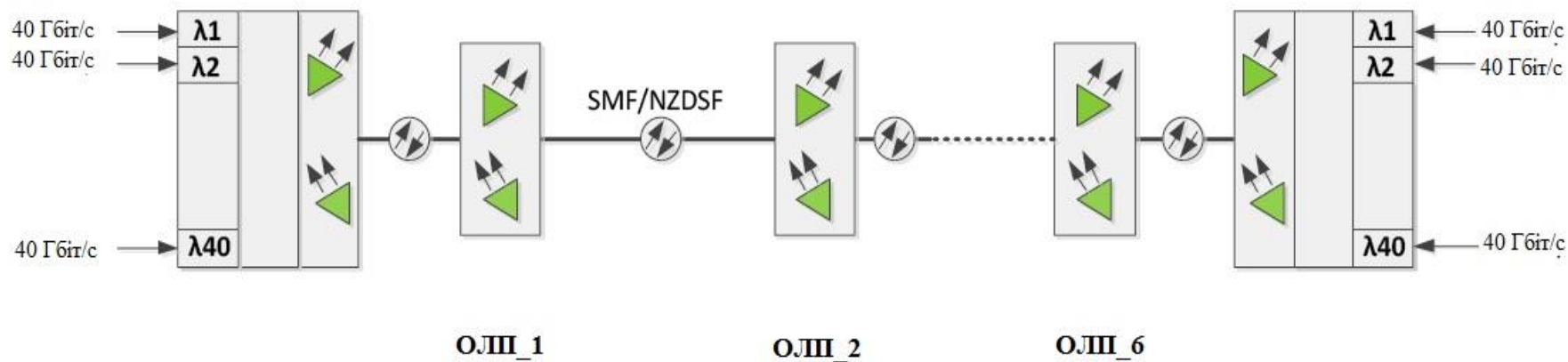


Рисунок 1.5 - Зміне розподілу Равана в DWDM-системі.



# Досліджувана модель DWDM-системи

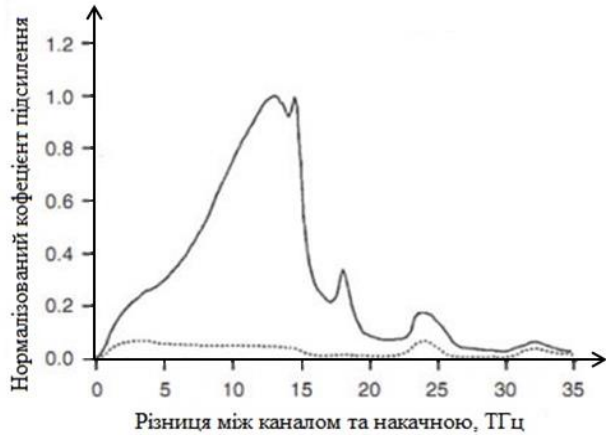


Рисунок 1 - Спектр підсилення Рамана для одномодового волокна G.652

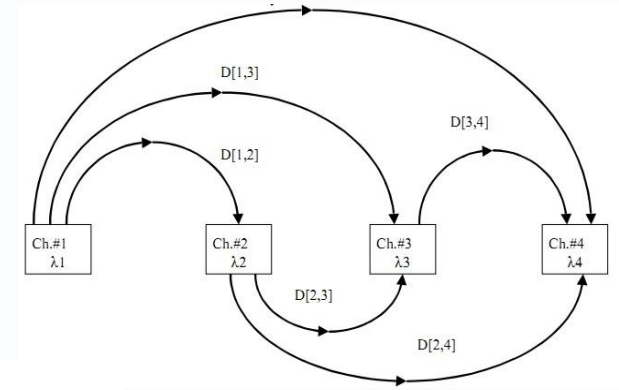


Рисунок 2 - «Перекачування» Оптичної потужності між Каналами через вимушене розсіювання Рамана

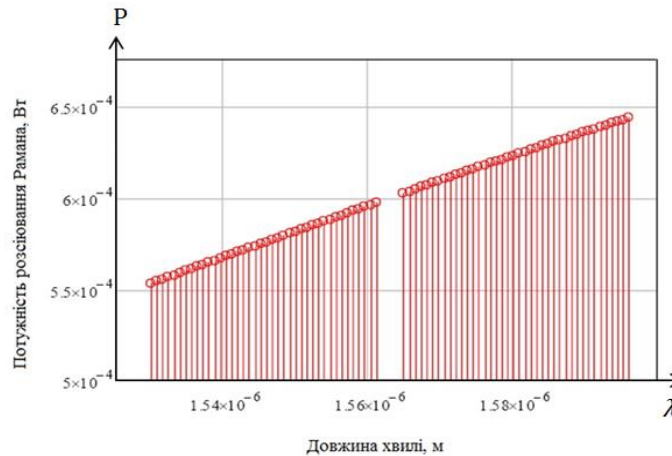


Рисунок 3 - Розподіл оптичної потужності в DWDM-спектрі



# Результати оцінки OSNR для DWDM-системи

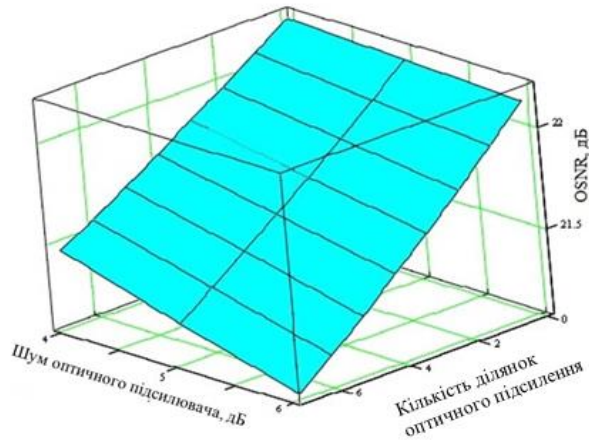


Рисунок 1 - Результат оцінки OSNR для ВОЛТ на основі стандартного одномодового волокна

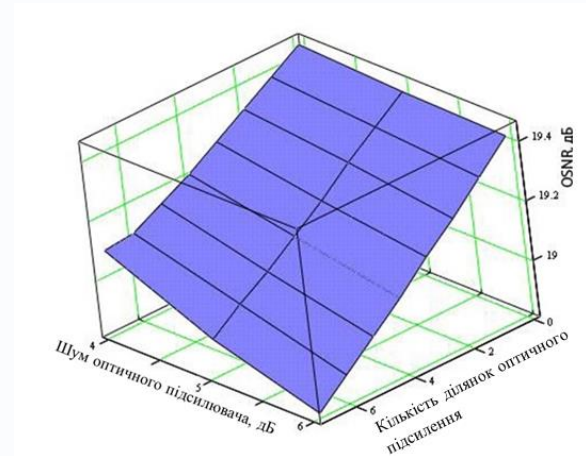
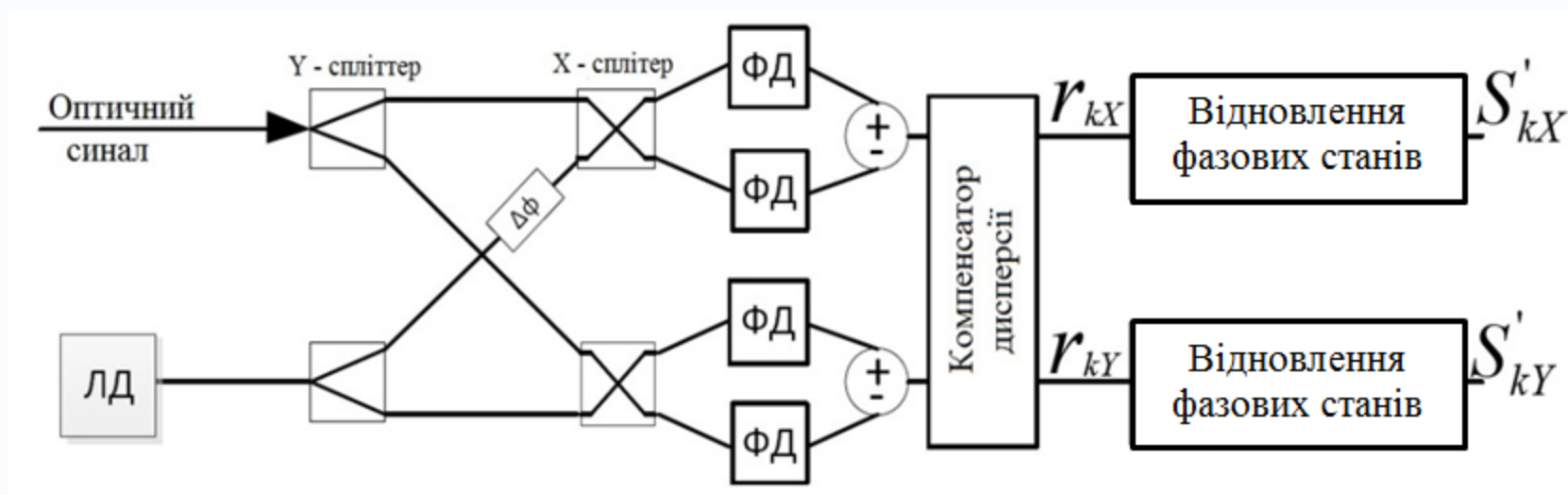


Рисунок 2 - Результат оцінки OSNR для ВОЛТ на основі одномодового волокна із зміщеною дисперсією

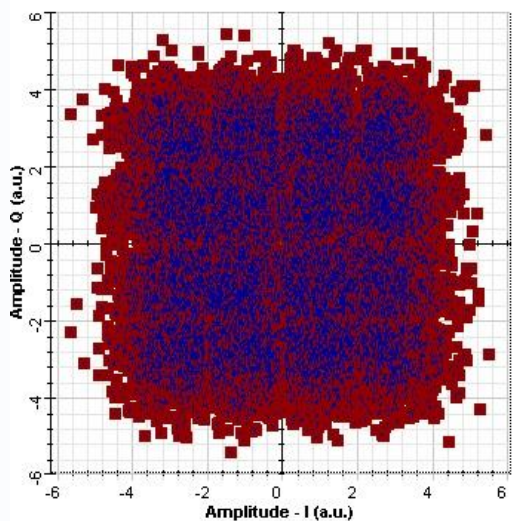
Рисунок 3 - Лінійне розповсюдження Рамана в DWDM-системі



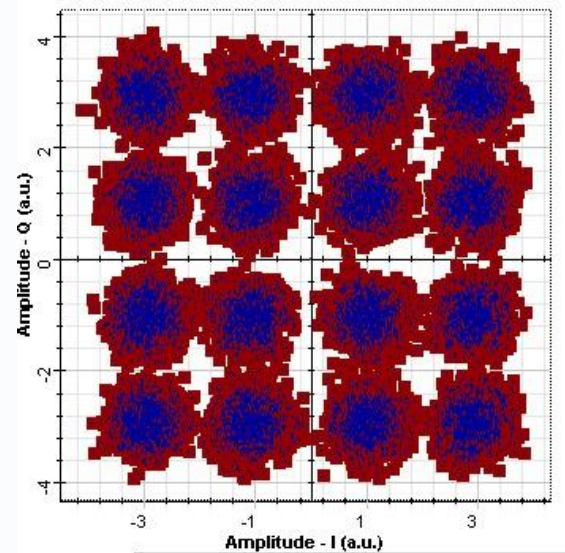
# Узагальнена схема оптичного когерентного приймача



# Діаграма фазових станів оптичного сигналу 112 Гбіт/с у форматі DP-16QAM



а) при OSNR=10 дБ;



б) при OSNR=18 дБ



# Узагальнена схема відновлення фазових станів ОПТИЧНОГО МОДУЛЬОВАНОГО СИГНАЛУ

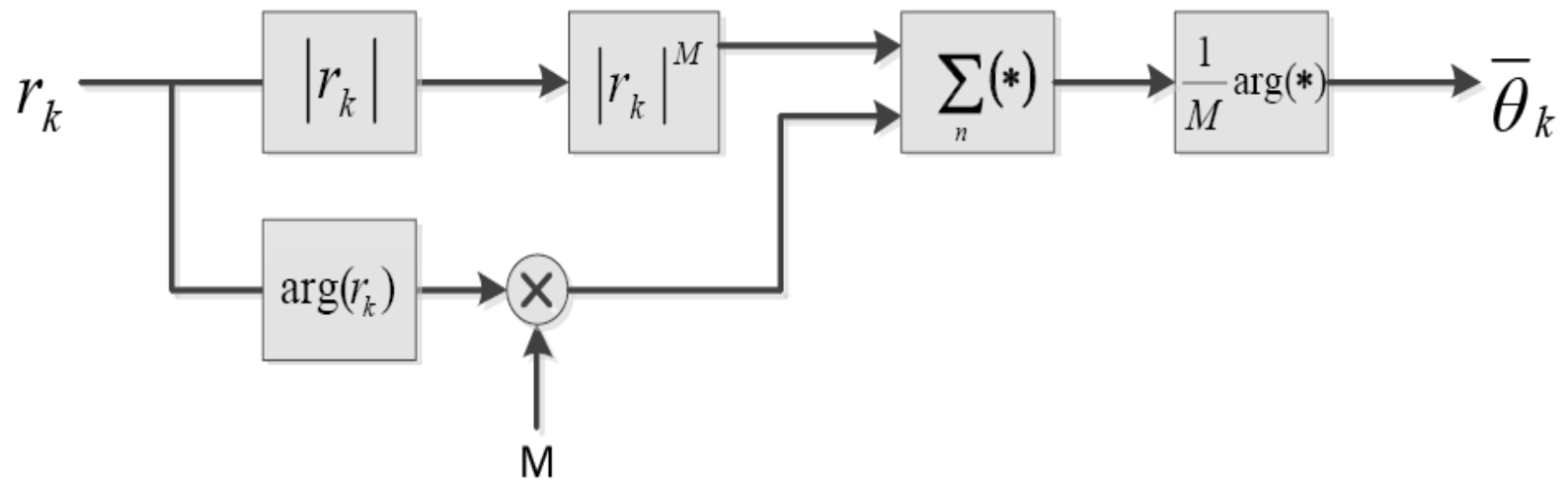


Рис. 3.2 – Діаграма фазових станів оптичного сигналу 112 Гбіт/с у форматі DP-16QAM: а) при OSNR=10 дБ; б) при OSNR=1



# Функція щільності розподілу символів

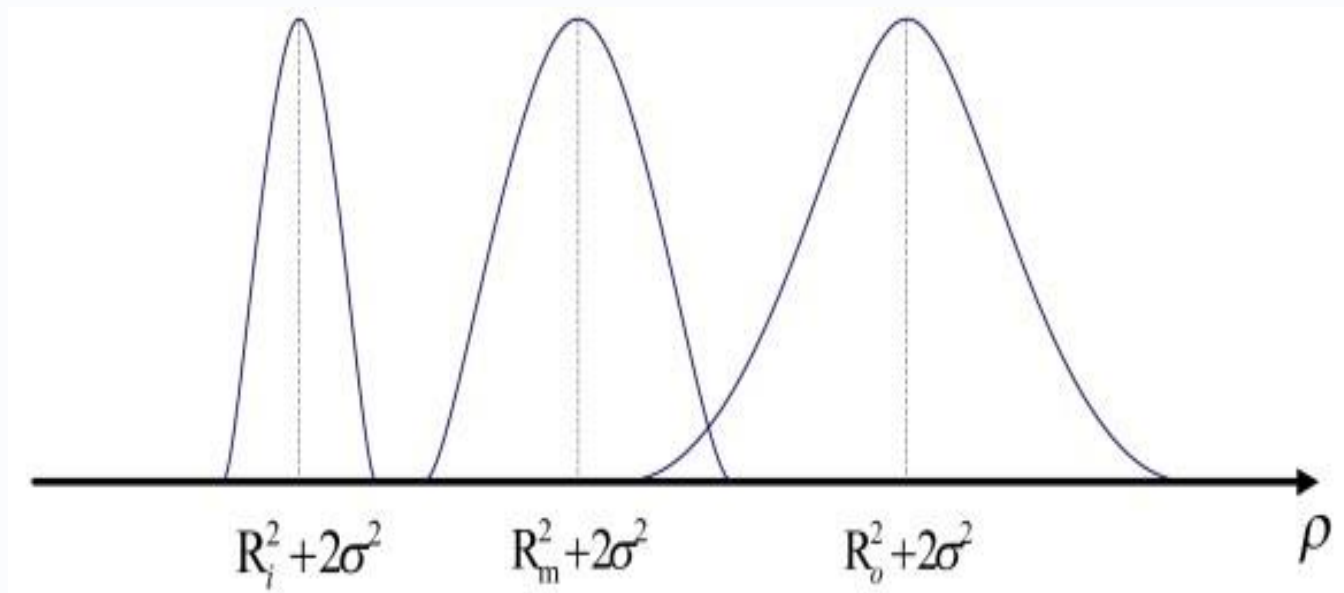


Рис. 3.2 – Діаграма функції щільності розподілу символів при OSNR=1





# Відновлення фазових станів

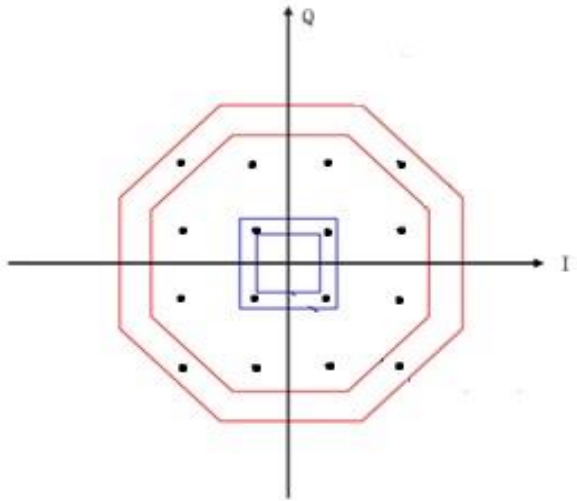


Рисунок 1 – Класифікація відліків на векторній діаграмі 16-КАМ

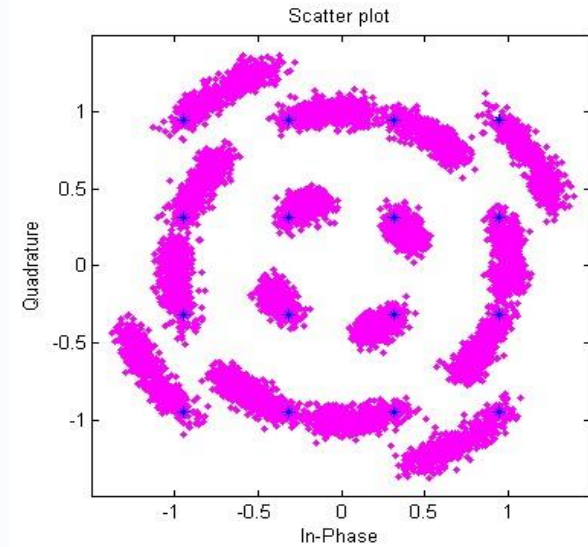
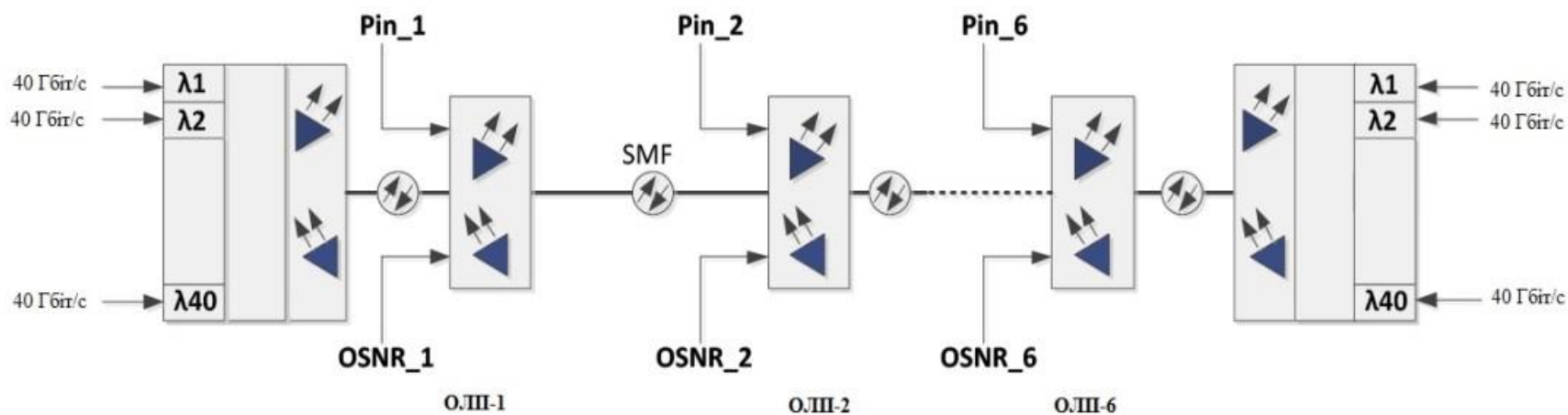


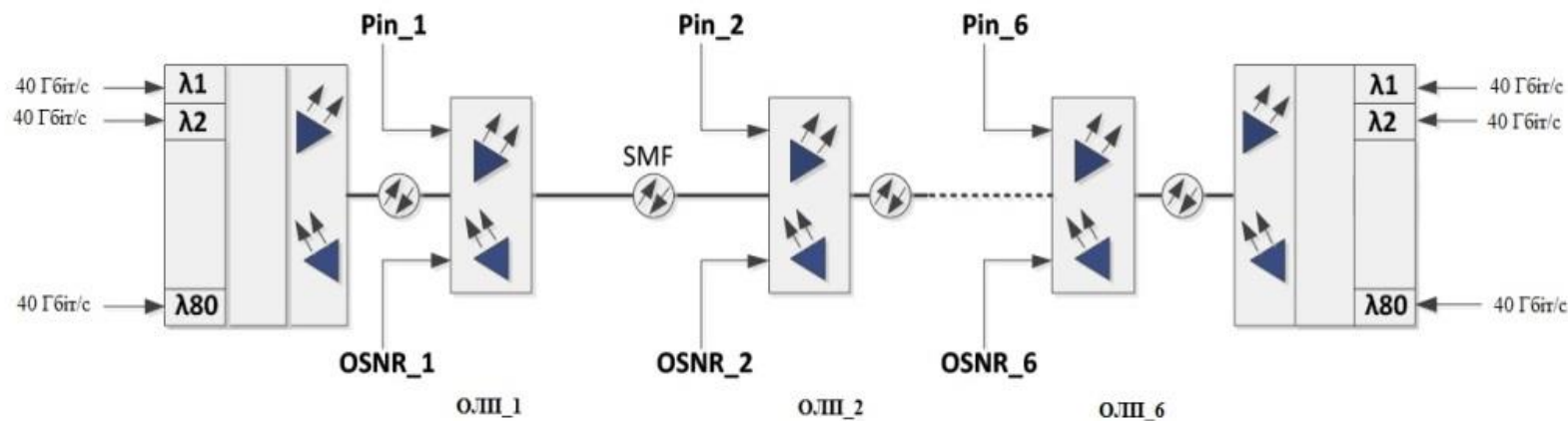
Рисунок 2 - Діаграма зкорегованих станів 16-КАМ сигналу



# Узагальнена структурна схема 40 - каналної DWDM-системи



# Узагальнена структурна схема 80 - каналної DWDM-системи



# Графічні залежності OSNR

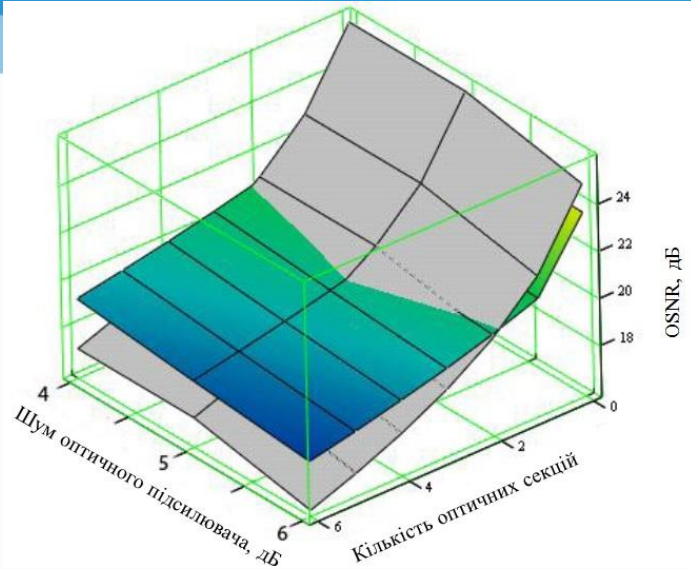


Рисунок 1 - Графіки залежності OSNR від кількості ділянок оптичного підсилення та величини шуму оптичних підсилювачів для 40-канальної DWDM-системи (сірий – розрахунок по MCE-T G.692, синьо-зелений – запропонована методика)

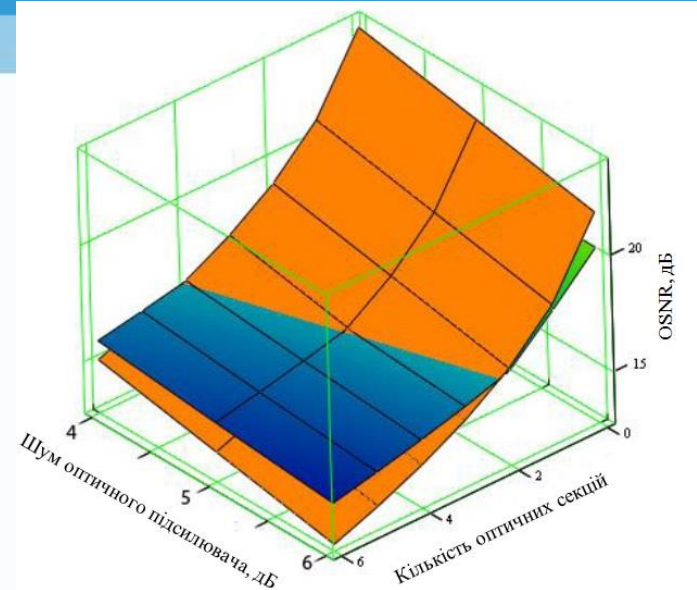


Рисунок 2 - Графіки залежності OSNR від кількості ділянок оптичного підсилення та величини власного шуму оптичних підсилювачів для 80-канальної DWDM-системи (синьо-зелений - запропонована методика, помаранчевий - розрахунок по MCE-T G.692)



# Оцінювання OSNR відповідно до методики МСЕ-Т

$$OSNR = P_{in} - 10 \lg M_{ch} - \alpha - NF - 10 \lg \left( N + \frac{10^{0,1G_{BA}}}{10^{0,1\alpha}} \right) - 10 \lg(hf\Delta f)$$

- де  $P_{in}$  – рівень вхідної потужності групового сигналу, дБм;  
 $M_{ch}$  - кількість хвильових каналів в тракті;  
 $\alpha$  – втрати оптичної потужності на відстані одної ділянки оптичного підсилення в дБ;  
 $NF$  – коефіцієнт шуму оптичного підсилювача, дБ;  
 $N$  – кількість ділянок оптичного підсилення;  
 $G_{BA}$  – коефіцієнт шуму оптичного підсилювача, дБ;  
 $h$  - стала Планка, мДж×с;  
 $f$  – центральна частота каналу, Гц;  
 $\Delta f$  – оптична смуга каналу, Гц.



# Графічні залежності OSNR з ROADМ-мультіплексорами

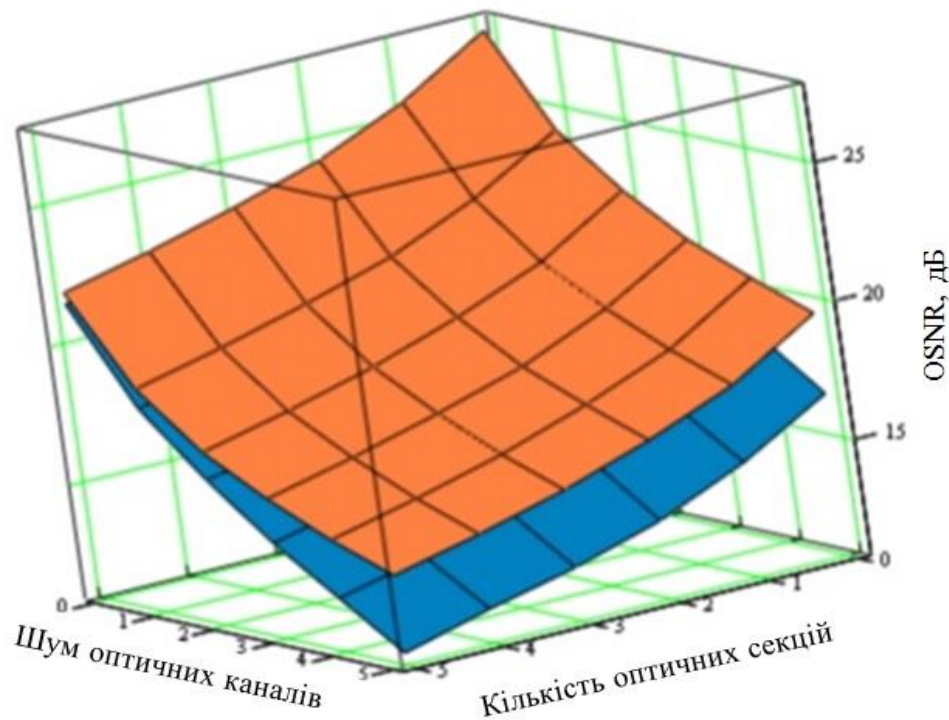
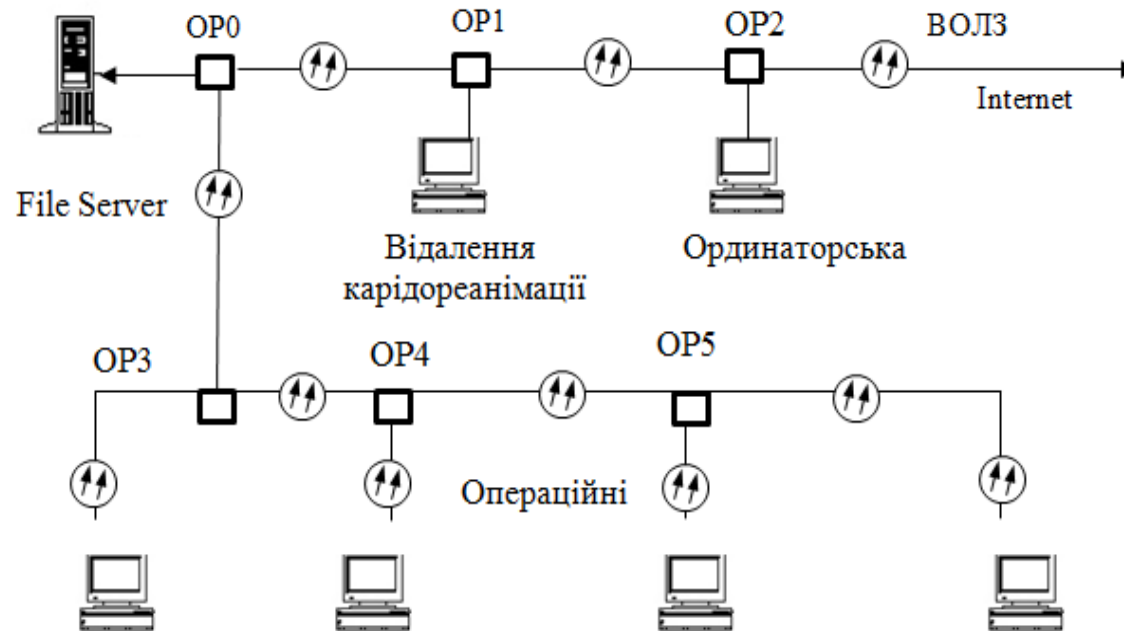


Рис. 3.2 – Діаграма фазових ст...

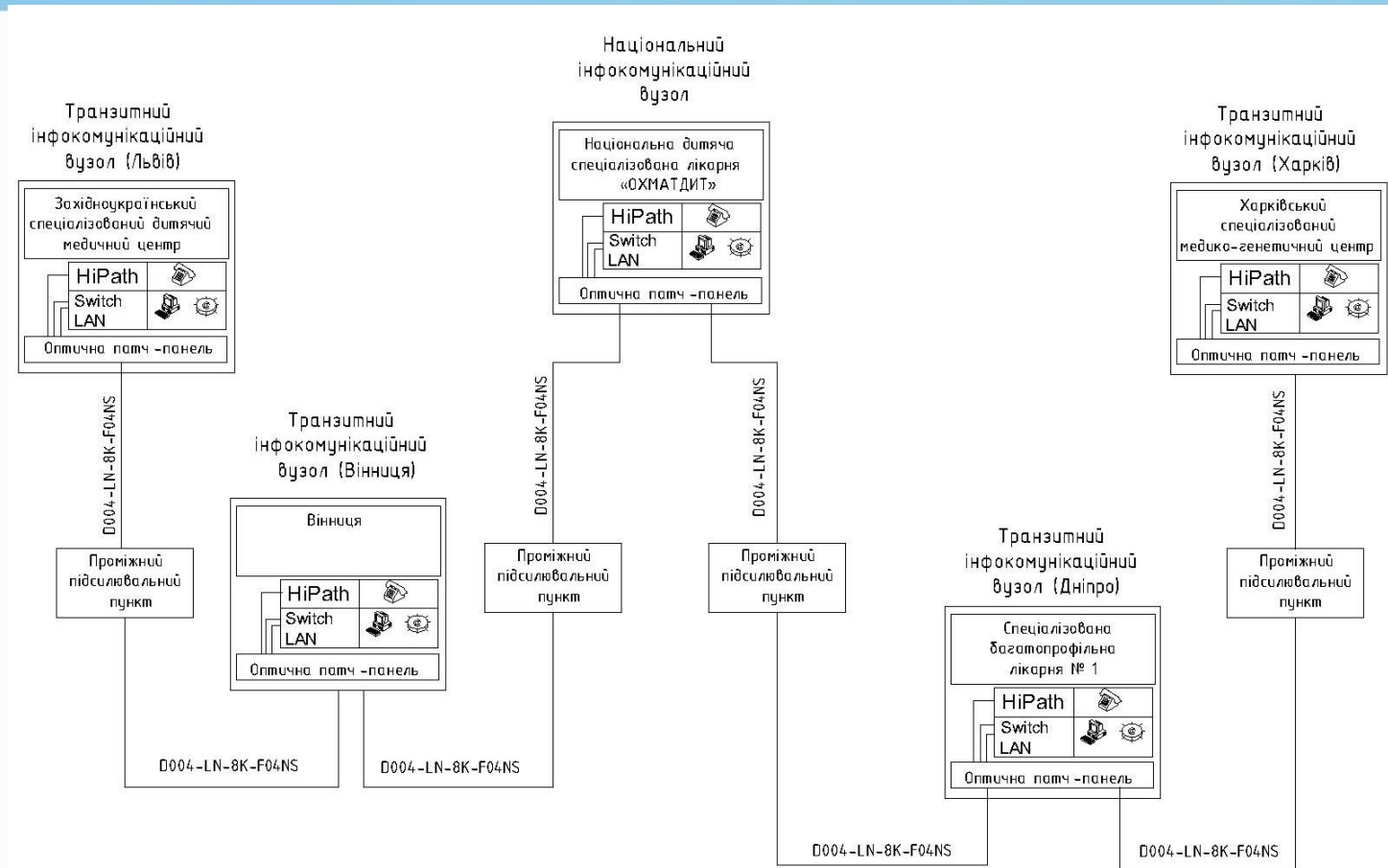
OSNR=10 дБ; 0) при OSNR=1...



# Структура локальної оптичної мережі центру біомедичних послуг

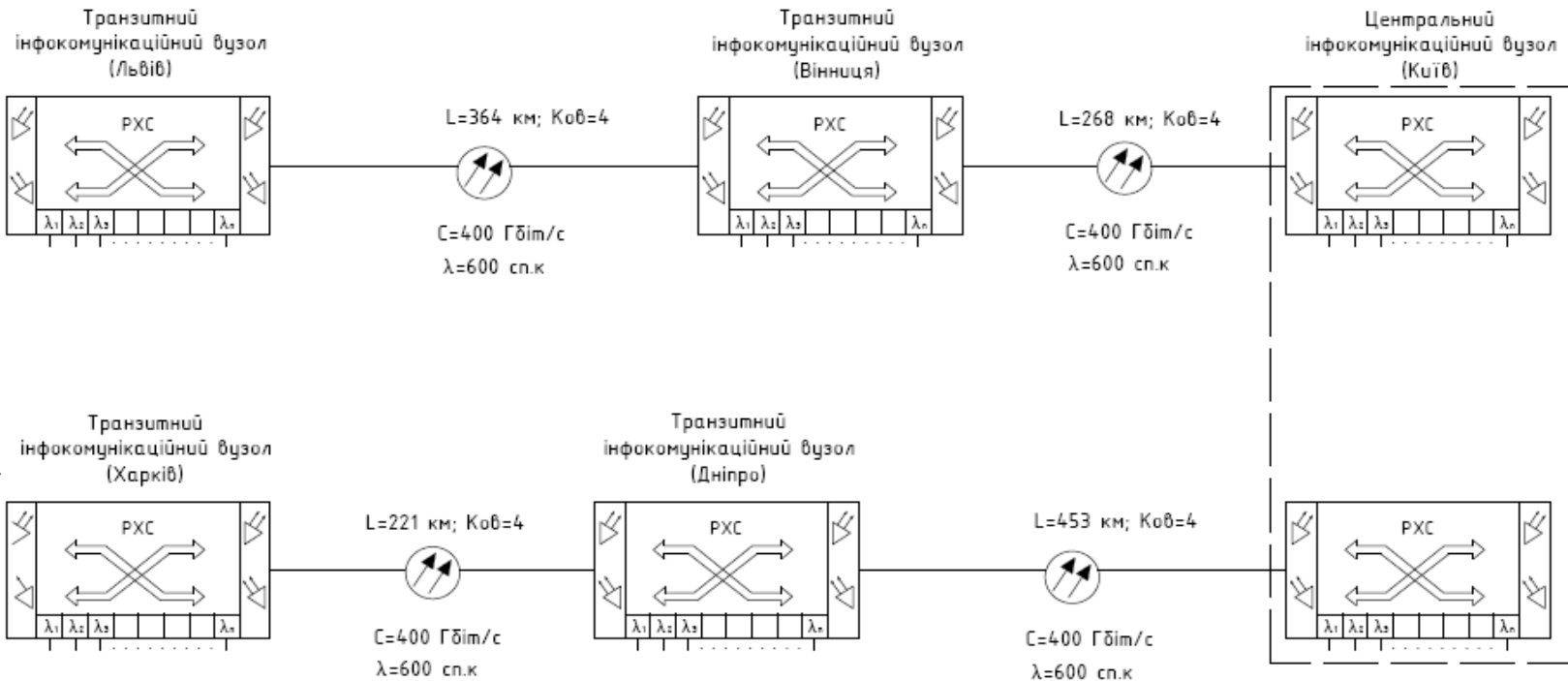


# Структурна схема магістральної кабельної мережі

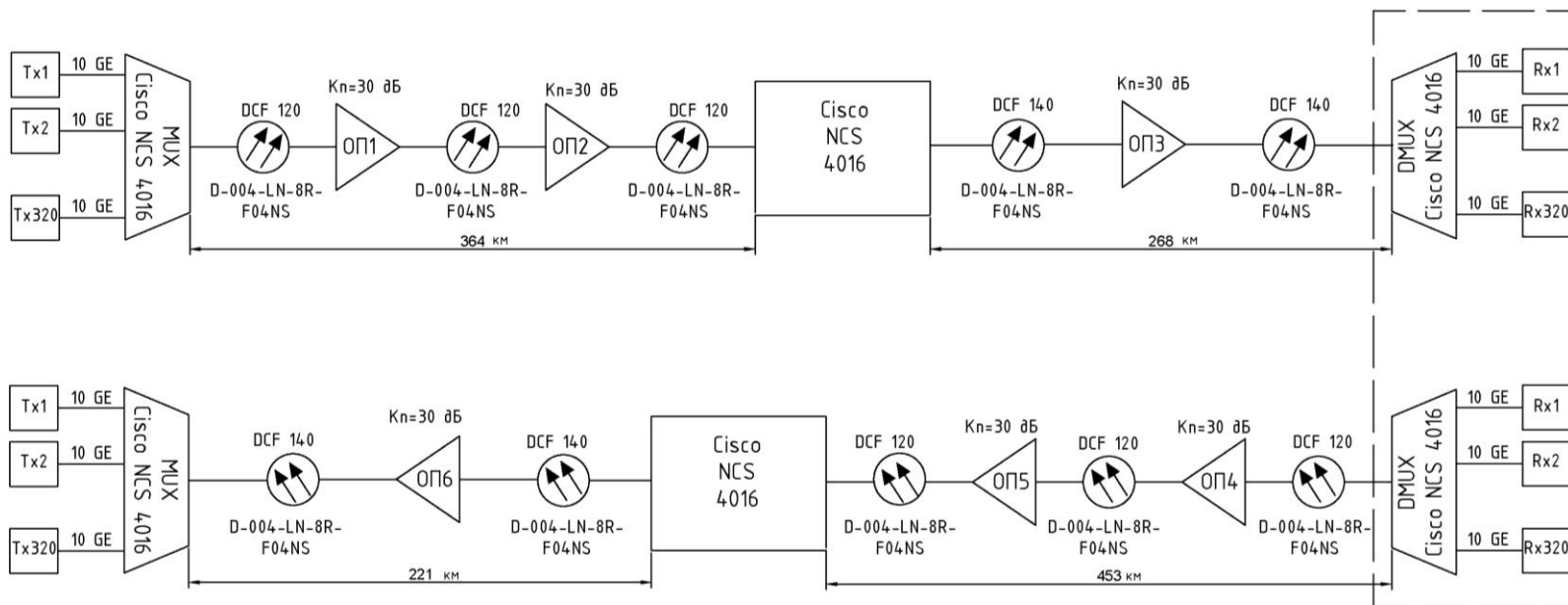




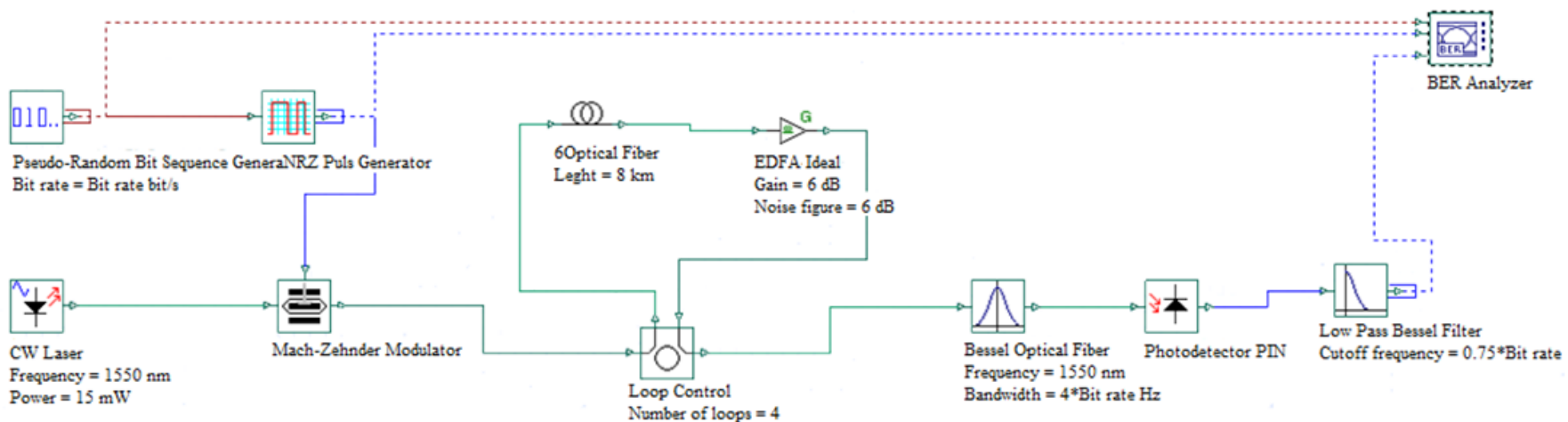
# Узагальнена топологія магістральної ділянки ВОЛТ



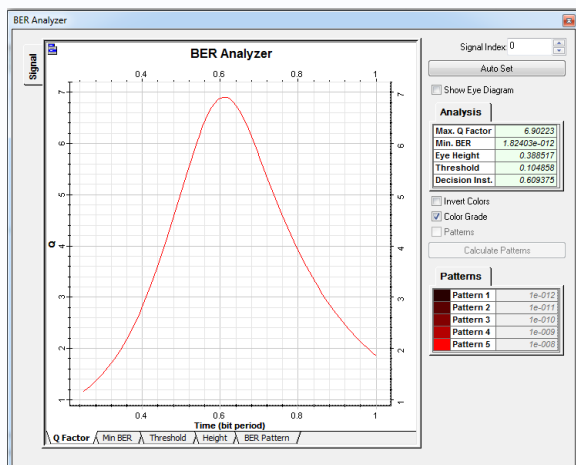
# Узагальнена структура ВОСП медичних центрів національного масштабу



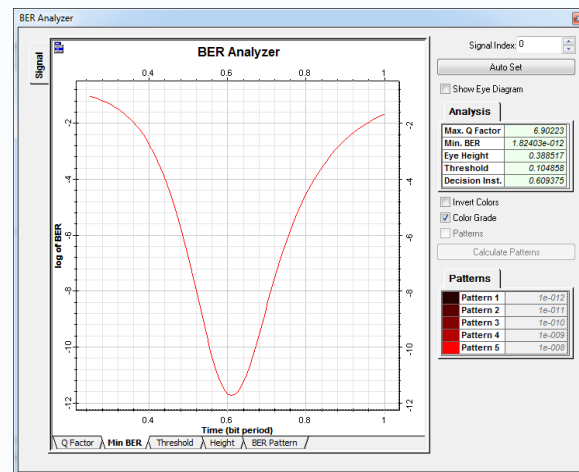
# Структурна схема одноканальної системи передачі 10 Гбіт/с в одномодовому волокні



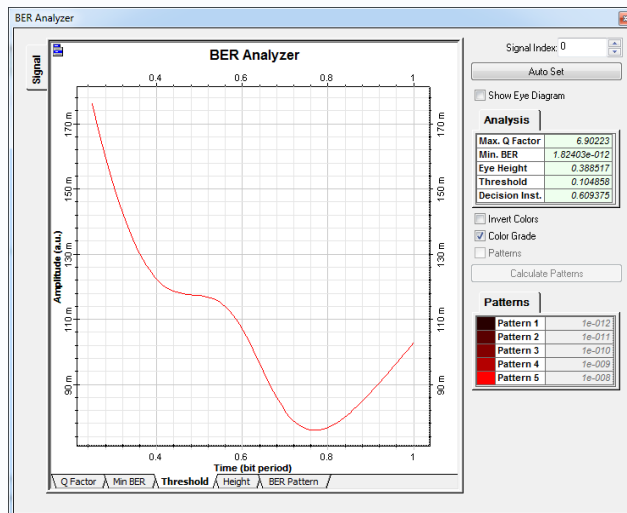
# Результати комп'ютерного моделювання (аналіз спектральних та енергетичних характеристик)



Визначення максимального  
значення Q-фактора



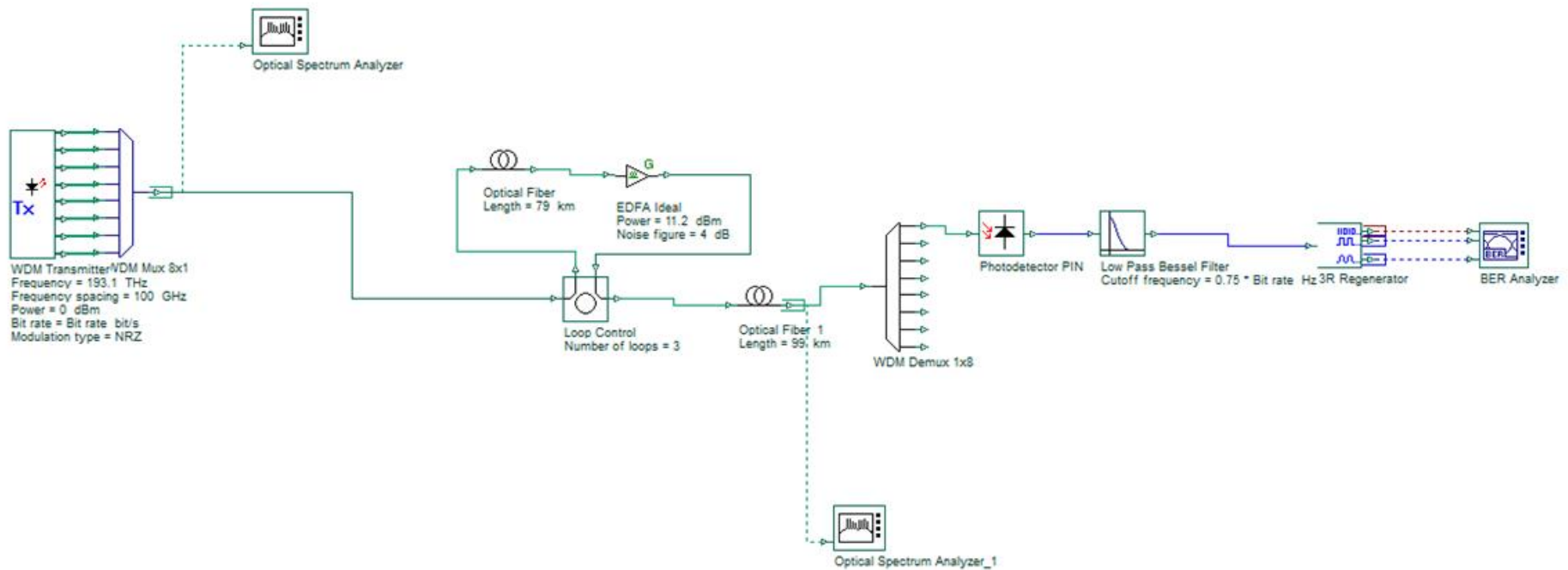
Визначення мінімального  
значення  
коефіцієнта помилок BER



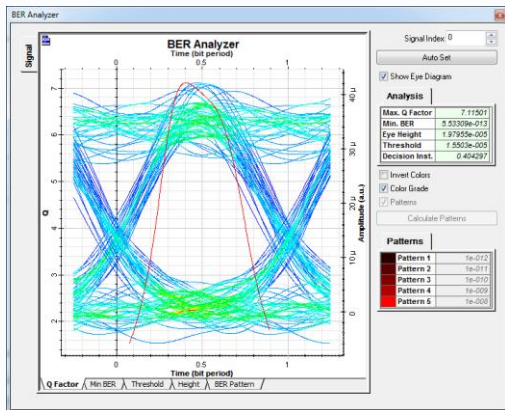
Порогове значення максимального Q-фактора та  
мінімального BER



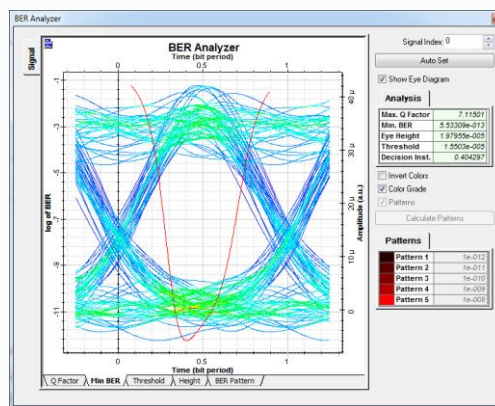
# Структурна схема 8-ми каналного мультиплексора зі 2,5 Гбіт/с



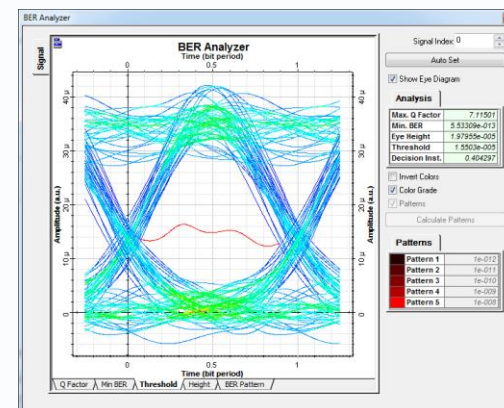
# Результати комп'ютерного моделювання (аналіз спектральних та енергетичних характеристик)



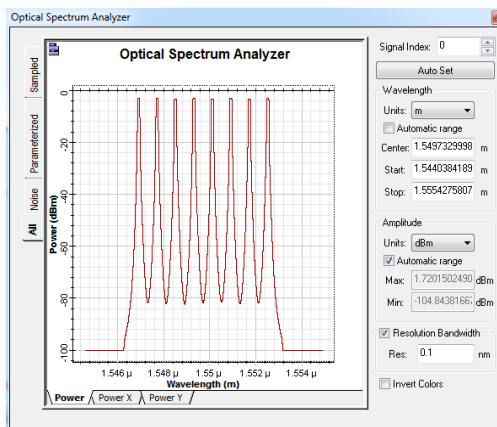
Визначення максимального значення Q-фактора



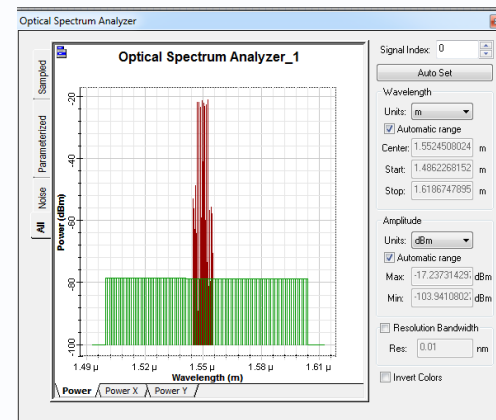
Визначення мінімального значення коефіцієнта помилок BER



Порогове значення максимального Q-фактора та мінімального BER



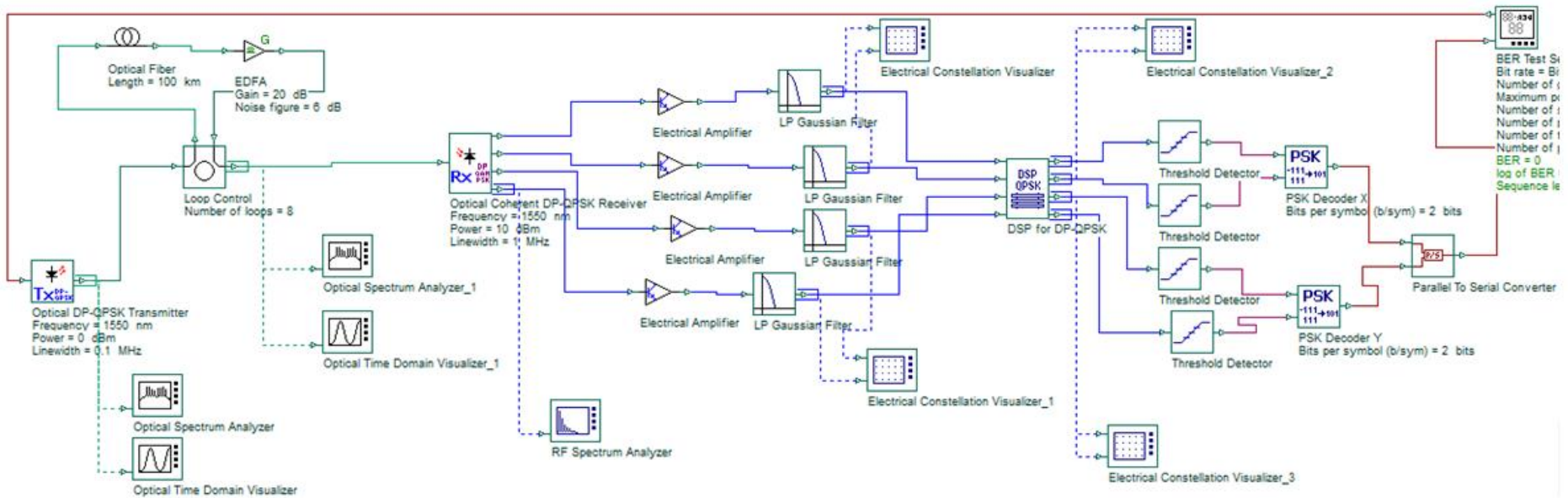
Оптичний аналізатор спектру на вході мультиплексора



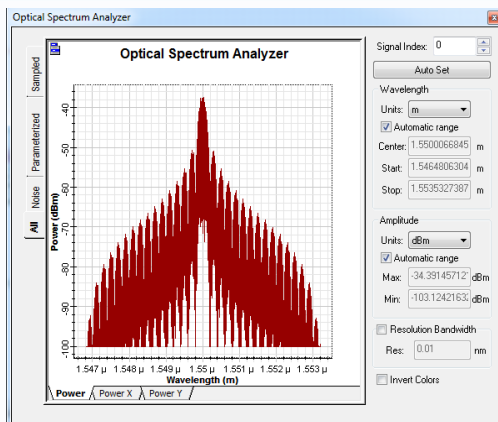
Оптичний аналізатор спектру на виході мультиплексора



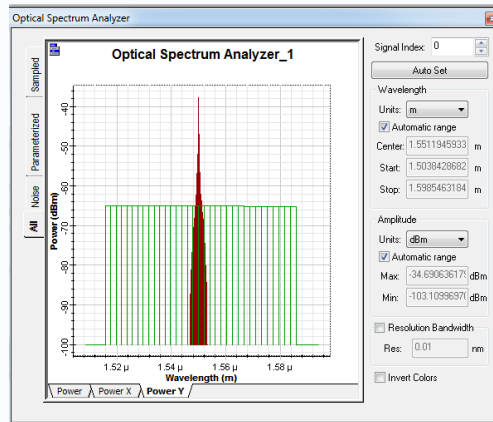
# Структурна схема системи DP-QPSK з роздільною здатністю 100 Гбіт/с



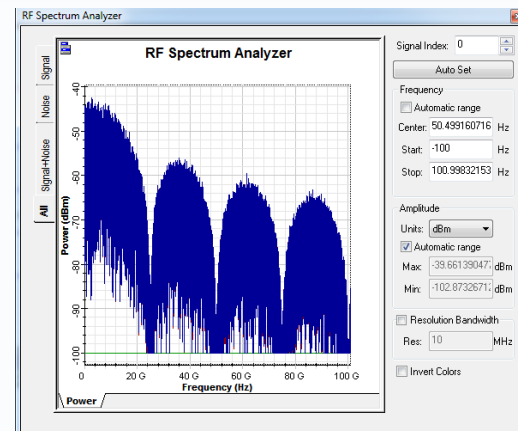
# Результати комп'ютерного моделювання (аналіз спектральних та енергетичних характеристик)



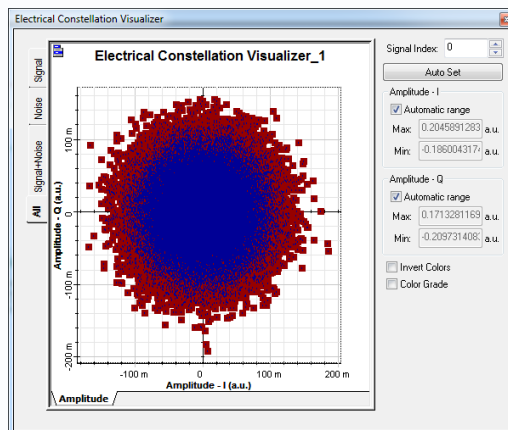
Спектр оптичного сигналу  
на виході передавача



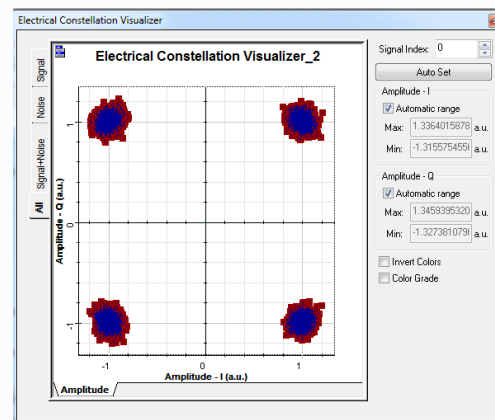
Спектр оптичного сигналу  
на вході приймача



Амплітудний спектр інформаційного  
сигналу на вході приймача



Діаграма сузір'я на вході DSP



Діаграма сузір'я на виході DSP







# СЕРТИФІКАТ

ДОПОВІДАЧА  
VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ  
«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ,  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»  
СПРТП-2017

виданий

*Луч*  
Вікторії Іосипівні

28-30 ВЕРЕСНЯ 2017 РОКУ  
м. ВІННИЦЯ



ПРОРЕКТОР З НАУКОВОЇ РОБОТИ  
ВІННИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ,  
ПРОФЕСОР С.В.ПАВЛОВ

# Результати перевірки на оригінальність



МКР\_Куць\_В\_Й  
Завантажено: 01/02/2018  
Перевірено: 01/02/2018

## Інтернет + Бібліотека

|                      |                |           |
|----------------------|----------------|-----------|
| 88.4% Оригінальність | 11.6% Схожість | 1 Джерела |
|----------------------|----------------|-----------|

### Джерела з Бібліотека : 1 джерело знайдено

МКР\_Боярський\_К\_О.docx

11.6%



Дякую за увагу!

