

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І
ЗВ'ЯЗКУ



XI Міжнародна науково-практична конференція

**«ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, МЕТРОЛОГІЯ,
ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ТРАНСПОРТНІ
ТЕХНОЛОГІЇ»**

22-23 жовтня 2021 р.

Одеса 2021

УДК 389:621:531:004:006.07:53.08:539.4:33:629:656.13

ББК 30
Т 38

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Факультету електроніки, автоматизації та метрології Державного університету інтелектуальних
технологій і зв'язку (ДУІТЗ)
Міністерства освіти і науки України від 19.10.2021 р., протокол № 3*

Головний редактор:

А.А. Габер, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана ЕАМ ДУІТЗ

Відповідальний за випуск:

Т.І. Ганєва, кандидат технічних наук, в.о. зав. кафедри ТТЛ ДУІТЗ

*Матеріали подані в авторській редакції.
За зміст публікації несе відповідальність автор.*

Технічне регулювання, метрологія, інформаційні та транспортні технології: матеріали
Т38 XI Міжнародної науково-практичної конференції (Одеса, 22-23 жовтня 2021 р.) /
ред. А.А. Габер, Т.І. Ганєва. – Одеса: ФОП Бондаренко М.О., 2021. – 305 с.

ISBN 978-617-7829-72-9

У збірнику представлено матеріали конференції, присвяченої проблемам технічного регулювання та якості, в тому числі в освітній галузі та на транспорті, стандартизації та споживчої політики, метрології та метрологічного забезпечення, розвитку інформаційних та транспортних технологій, економіки та управління.

Розраховано на викладачів, аспірантів, наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення та дослідження цих проблем.

**УДК 389:621:531:004:006.07:53.08:539.4:33:629:656.13
ББК 30**

ISBN 978-617-7829-72-9

**© Державний університет
інтелектуальних технологій
і зв'язку, 2021**

В конференції беруть участь науковці вищих навчальних закладів, організацій та підприємств, в числі яких:

- Військова академія (м. Одеса), Україна;
- Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця в Кракові, Польща;
- Державне підприємство «Укрметртестстандарт», м. Київ;
- Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, м. Одеса;
- Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса;
- Інститут телекомунікацій та глобального геоінформаційного простору Національної академії наук України, Київ;
- Лодзький технічний університет, м. Лодзь, Польща;
- Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький;
- Науково-виробниче підприємство «ТЖК», м. Одеса;
- Одеський державний аграрний університет, м. Одеса;
- Одеський національний морський університет, Одеса;
- Одеський національний університет ім. І. Мечникова, м. Одеса;
- Український інститут науково-технічної експертизи та інформації, м. Київ;
- Український науковий центр екології моря, м. Одеса;
- Університет Північ, м. Вараждин, Республіка Хорватія;
- Харківська державна зооветеринарна академія, м. Харків;
- Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків;
- Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси

Організатори конференції:

- Міністерство освіти і науки України;
- Міністерство економічного розвитку і торгівлі України;
- Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця в Кракові, Польща;
- Університет у Бельсько-Бялій, Польща;
- Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника;
- Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів;
- Агентство із стандартизації, сертифікації і торгової інспекції при Уряді Республіки Таджикистан, Республіка Таджикистан;
- Білоруський державний інститут метрології, Республіка Білорусь;
- Лодзький технічний університет, Польща;
- Лодзький університет, Польща;
- Меджимурська політехніка в Чаковці, Республіка Хорватія;
- Національний авіаційний університет, Київ;
- Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;
- Талліннський технічний університет, Естонська Республіка;
- Університет Північ, Республіка Хорватія;
- Чорноморський національний університет імені Петра Могили;
- ПАТ «Одесакабель»;
- ВГО «Союз споживачів України»;
- Інженерна академія України;
- Міжнародна Академія інформаційних технологій, Республіка Білорусь;
- Міжнародна Академія Стандартизації;
- Технічний комітет стандартизації ТК 90 «Засоби вимірювання електричних і магнітних величин»;
- Технічний комітет стандартизації ТК 163 «Якість освітніх послуг».

Програмний комітет

Голова: Коломієць Леонід Володимирович, д.т.н., проф., перший віце-президент Міжнародної Академії Стандартизації, Заслужений працівник сфери послуг України, м. Одеса.

Члени комітету:

Аніскін Алексій, к.т.н., доцент, старший викладач кафедри цивільного будівництва, Університет Північ, м. Вараждин, Республіка Хорватія;

Братченко Геннадій Дмитрович, д.т.н., професор, проректор з міжнародних зв'язків, професор кафедри стандартизації, оцінки відповідності та освітніх вимірювань, Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, м. Одеса;

Ваганов Олександр Іванович, д.т.н., проф., заступник начальника Науково-впроваджувального центру філії «Науково-дослідного та конструкторсько-технологічного інституту залізничного транспорту», АТ "Українська залізниця", м. Київ;

Волков Сергій Леонідович, д.т.н., доцент, кафедра автоматизованих систем та інформаційно-вимірювальних технологій ДУІТЗ, м. Одеса;

Карпінський Микола Петрович, д.т.н., проф., керівник кафедри інформатики та автоматизації Університету у Бельсько-Бялій, м. Бельсько-Бяла, Польща;

Квасніков Володимир Павлович, д.т.н., проф., заслужений метролог України, завідувач кафедри інформаційних технологій Національного авіаційного університету, м. Київ;

Клопотан Ігор, д.е.н., доцент, Меджимурська політехніка в Чаковці, Республіка Хорватія;

Лебковський Петро, д.т.н., проф., Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця в Кракові, м. Краків, Польща;

Маслянка Павло, д.т.н., проф., проф. кафедри теоретичної фізики та комп'ютерних наук Лодзького університету, м. Лодзь, Польща;

Мирзоахмедов Фахриддин, д.т.н., проф., професор кафедри математичного і інформаційного моделювання Фінансово-економічного інституту Таджикистану, м. Душанбе, Республіка Таджикистан;

Мілковіч Марін, д.т.н., проф., ректор, Університет Північ, м. Вараждин, Республіка Хорватія;

Мільчарський Пьотр, д.т.н., проф., начальник лабораторії мобільних систем, кафедра інформатики, Лодзький університет, м. Лодзь, Польща;

Петришин Любомир Богданович, д.т.н., проф., завідувач кафедри інформатики, Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця в Кракові, м. Краків, Польща;

Попов Веселин Димитров, д.е.н., доцент, завідувач кафедри «Бізнес-інформатика», Стопанська академія «Д. А. Ценов», м. Свищов, Болгарія;

Рихлік Анджей, к.т.н., старший викладач, Лодзький технічний університет, м. Лодзь, Польща;

Солдо Божо, д.т.н., проф., декан будівельного факультету, Університет Північ, м. Вараждин, Республіка Хорватія.

Шишманов Красимир Тодоров, д.е.н., проф., професор кафедри «Бізнес-інформатика», Стопанська академія «Д. А. Ценов», м. Свищов, Болгарія.

Оргкомітет конференції

Голова: Габер Антоніна Анатоліївна, к.т.н., доцент, в.о. декана факультету електроніки, автоматизації та метрології ДУІТЗ, м. Одеса.

Заступники Голови:

Ганєва Таїсія Іванівна, к.т.н., відповідальна за наукову роботу факультету ЕАМ, доцент кафедри стандартизації, оцінки відповідності та освітніх вимірювань ДУІТЗ

Члени оргкомітету:

Банзак Оксана Вікторівна, д.т.н., професор, в.о. завідувачки кафедри стандартизації, оцінки відповідності та освітніх вимірювань ДУІТЗ

Боряк Костянтин Федорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної техніки ДУІТЗ.

Лещенко Олег Іванович, к.т.н., доцент, в.о. завідувач кафедри електроніки та мікросистемної техніки ДУІТЗ

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ

ОСНОВНІ ПРИЙОМИ ВИКЛАДАННЯ НАУКОВИХ МАТЕРІАЛІВ Оляш Г.І.; Билан Л.В.; Лаврова Є.О. BASIC METHODS OF TEACHING SCIENTIFIC MATERIALS Olyash G.I.; Bilan L.V.; Lavrova Y.O.	18
ОГЛЯД ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ У ГАЛУЗІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТУ ВІДПОВІДНОСТІ Букрєєва О.С. OVERVIEW OF DEVELOPMENT TRENDS IN THE FIELD OF STANDARDIZATION OF COMPLIANCE MANAGEMENT SYSTEMS Bukrieieva O.S.	20
ІНФОРМАЦІНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ТА ЯКОСТІ ЖИТТЯ ЛЮДЕЙ Габер А.А.; Зіангірова Л.Т.; Габер В.С. TECHNOLOGY INFORMATION FOR HUMAN HEALTH AND QUALITY OF LIFE Haber A.A.; Ziangirova L.T.; Haber V.S.	23
СТАН НОРМАТИВНОЇ БАЗИ У СФЕРІ ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ВЗУТТЯ Жеребцова Л.М. THE STATE OF THE REGULATORY FRAMEWORK IN THE FIELD OF TECHNICAL REGULATION OF SHOE QUALITY Zherebtsova L.M.	26
ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ Габер А.А.; Паладі О.С. FUNDAMENTALS OF ENERGY AUDIT Haber A.A.; Paladi O.S.	29
ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПОРТОВИХ СПОРУД З УРАХУВАННЯМ СТОНШЕННЯ СТІНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ Коломієць Л.В.; Лимаренко О.М.; Аніскін А.; Солдо Б. DETERMINATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF PORT FACILITIES, TAKING INTO ACCOUNT THINNING OF WALLS OF CONSTRUCTIVE ELEMENTS Kolomiets L.; Lymarenko O.; Aniskin A.; Soldo B.	32
КЕРУВАННЯ РЕСУРСАМИ В МЕРЕЖІ LTE Марколенко П.Ю.; Марколенко Т.Д.; Зайцев В.В.	38

LTE NETWORK RESOURCE MANAGEMENT

Markolenko P.Yu.; Markolenko T.D.; Zaitsev V.V.

АНАЛІЗ ІНДИКАТОРІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ЖИТТЯ

Габєр А.А.; Шевельова І.О., Лясота О.А.

ANALYSIS OF INDICATORS FOR DETERMINATION OF QUALITY OF LIFE

Haber A.A.; Shevelova I.O., Liasota O.A.

43

**ВХІДНИЙ КОНТРОЛЬ ЯК ЕЛЕМЕНТ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ
НА ПІДПРИЄМСТВІ**

Оляш Г.І.

**INPUT CONTROL AS AN ELEMENT OF PRODUCT QUALITY
MANAGEMENT AT THE ENTERPRISE**

Olyash G.I.

47

**МЕТОД ОЦІНКИ СТАБІЛЬНОСТІ І ВІДТВОРЮВАНOSTІ ПРОЦЕСІВ
ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ
ПРОДУКЦІЇ**

Згадова Н.С.; Штовба Ю.О.

**METHOD FOR ASSESSING THE STABILITY AND REPRODUCIBILITY OF
PHARMACEUTICAL PROCESSES FOR PRODUCT QUALITY
MANAGEMENT**

Zgadova N.S.; Shtovba Yu.O.

49

**СЕКЦІЯ 2 МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН.
ЕЛЕКТРОНІКА, МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА.
ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

**РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ДОЗИМЕТРИЧНОГО
КОНТРОЛЮ ДЛЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ**

Банзак О.В.; Єфіменко Н.А.; Банзак Г.В.; Лалуд Д.Д.

**DEVELOPMENT OF THE INDIVIDUAL DOSIMETRIC CONTROL COMPLEX
FOR RADIATION SAFETY**

Banzak O.V.; Yefimenko N.A.; Banzak G.V.; Lalud D.D.

59

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ В ЕЛЕКТРОНІЦІ
Добровольська С.В.; Оленєв М.В.; Кучеренко М.І.**

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MEASURING INSTRUMENTS
IN ELECTRONICS**

Dobrovolska S.V.; Olenov N.V.; Kucherenko N.I.

63

**ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ З ЧАСТОТНИМ ВИХОДОМ ДЛЯ СЕНСОРНИХ
МЕРЕЖ «ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ»**

Горбачов В.Е.; Штепа Є.Р.

**TEMPERATURE SENSOR WITH FREQUENCY OUTPUT FOR SENSOR
NETWORKS OF "INTERNET OF THINGS"**

Gorbachev V.E.; Shtepa E.R.

66

ДЕГРАДАЦІЯ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ДІОДІВ НА ОСНОВІ GaAsP Ірха В.І.; Кукулян Р.Р.; Лібрик Д.І. DEGRADATION OF LIGHT EMITTING DIODES BASED ON GaAsP Irkha V.I., PhD; Kukulyan R.R.; Libryk D.I.	69
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МІНІ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ, СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СПРАВНОСТІ ЛАМП Лещенко О.І.; Котов Ю.А. ANALYSIS OF THE USE OF MINI SYSTEMS OF MOTOR TRANSPORT, SYSTEMS OF LAMPS O. Leshchenko; Y. Kotov	71
РОЛЬ РАДІАЦІЙНОГО ОПРОМІНЮВАННЯ В ДЕГРАДАЦІЇ БАГАТОШАРОВИХ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ДІОДІВ ДЛЯ ВОСП Ірха В.І.; Озімко В.І. THE ROLE OF RADIATION IRRADIATION IN THE DEGRADATION OF MULTILAYER LIGHT-RADIATING DIODES FOR FOTS Irkha V.I.; PhD; Ozimko V.I.	75
МЕТОДИ ТЕМПЕРАТУРНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ ДАТЧИКІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ В ЦИФРОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ Кононенко О. А.; Горбачов В.Е. METHODS OF TEMPERATURE STABILIZATION OF MAGNETIC FIELD SENSORS IN DIGITAL SENSOR NETWORKS Kononenko A.A.; Gorbachev V.E.	78
ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОННОГО НАВАНТАЖЕННЯ Любимов А.Я.; Кудряшов В.О.; Ломенко Д.С. TESTING OF ELECTRONIC COMPONENTS WITH THE HELP OF INTELLECTUAL ELECTRONIC LOADING Lyubimov A.Y.; Kudriashov V.O.; Lomenko D.S.	82
РОЛЬ ГЛИБОКИХ РІВНІВ У ДЕГРАДАЦІЇ СВІТЛОДІОДІВ Ірха В.І.; Кукулян Р.Р.; Лібрик Д.І.; Озімко В.І. THE ROLE OF DEEP LEVELS IN LED DEGRADATION Irkha V.I.; Kukulyan R.R.; Libryk D.I.; Ozimko V.I.	85
ВАЛІДАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ БЕЗПЕКИ ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ВИРОБНИЦТВА Єфіменко Н.А.; Банзак О.В.; Банзак Г.В.; Тарасенко С.Н. VALIDATSIIYA OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS IN DEPOSITS OF A PHARMACEUTICAL VIROBNITSTVA Yefimenko N.A.; Banzak O.V.; Banzak G.V.; Tarasenko S.N.	88

- ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ ДЛЯ ПОШУКУ ПРОБЛЕМНИХ МІСЦЬ У ПРОГРАМНИХ ЗАСОБАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРАФІЧНОГО ІНТЕРФЕЙСУ 92
Лещенко К.О.; Пригожев О.С.; Лещенко О.І.
SOFTWARE PRODUCT FOR LOOKING FOR PROBLEM SPACES IN SOFTWARE USING GRAPHIC INTERFACE
Kateryna Leshchenko; Olexander Prygozhev; Oleg Leshchenko.
- МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕСТАЦІОНАРНОГО СИГНАЛУ 97
Братченко Г.Д.; Коптелов В.О.; Смаглюк Г.Г.; Мартинов М.А.
METHOD FOR MEASUREMENT OF PARAMETERS OF NONSTATIONARY SIGNAL
Bratchenko H.D.; Koptelov V.O.; Smahliuk H.H.; Martynov M.A.
- СЕКЦІЯ 3 АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**
- УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭВАКУАЦИИ ИЗ ОФИСНОГО ЗДАНИЯ ЗА СЧЕТ МОДЕЛИРОВАНИЯ И МНОГОКРАТНОГО АНАЛИЗА ФАКТОРОВ 103
J. Ciemcioch; M. Grotowski
IMPROVING THE EVACUATION PROCESS OF AN OFFICE BUILDING THROUGH SIMULATION AND MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF FACTORS
J. Ciemcioch; M. Grotowski
- АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ 108
Адамюк Д.С.
ANALYSIS OF TOOLS FOR CREATING A MOBILE APPLICATION
D. Adamiuk
- АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА ВЕБ-ДОДАТКУ НА ОСНОВІ SWIFT 111
Болілій О.
ANALYSIS AND DEVELOPMENT OF A WEB-APPLICATION ON SWIFT
Bolilyi Oleksandr
- АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ КОМЕРЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА 114
Бубенцова Л.В.; Тіхоміров Д.В.
ANALYSIS OF OPTIONS FOR CREATING INFORMATION INFRASTRUCTURE OF A COMMERCIAL ENTERPRISE
Bubentsova L.; Tikhomirov D.
- ВПРОВАДЖЕННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ІНФОРМАЦІЙНУ СТРУКТУРУ БАНКУ 117
Варварчук В.О.
INTRODUCTION OF CLOUD TECHNOLOGIES IN THE INFORMATION INFRASTRUCTURE OF THE BANK
Varvarchuk V.O.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ШД xDSL Барба І.Б.; Васильков А.О. IMPROVING THE EFFICIENCY OF xDSL BROADBAND ACCESS TECHNOLOGIES Iryna Barba, Artem Vasilkov	119
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У БАНКАХ Варварчук В.О. PROSPECTS OF USING CLOUD TECHNOLOGIES IN BANKS Varvarchyk V.O.	123
АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ДОСТУПОМ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА Дьорка І.І. ANALYSIS OF OPTIONS FOR IMPLEMENTING ACCESS CONTROL SYSTEMS FOR ENTERPRISE I. Dorka	125
МЕТОД ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ ШЛЯХОМ ЧАСТОТНОГО РОЗДІЛЕННЯ СМУГИ ПРОПУСКАННЯ Єгоров С.В.; Шкварницька Т.Ю.; Шелуха О.О. METHOD OF INCREASING THE BANDWIDTH OF THE COMMUNICATION CHANNEL BY FREQUENCY DIVISION OF THE BANDWIDTH Serhii Yehorov; Tetiana Shkvarnytska; Oleksii Shelukha	128
АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ У СФЕРІ КОНЦЕПЦІЙ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» ТА «РОЗУМНЕ МІСТО» Геля В. М. ANALYSIS OF THE REGULATORY FRAMEWORK IN THE FIELD OF CONCEPTS "SMART HOUSE" AND "SMART CITY" Vladyslav Helia	131
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖ ВІД ШКІДЛИВОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ПРОГРАМ КЛАСУ RANSOMWARE Глотенко Д.О.; Шулакова К.С.; Боднар Л.В. RESEARCH OF CORPORATE NETWORKS PROTECTION TECHNOLOGIES FROM MALWARE AND RANSOMWARE CLASS PROGRAMS Dmitro Hlotenko; Kateryna Shulakova; Liliia Bodnar	133
ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНИХ ТРАКТІВ ЗІ СПЕКТРАЛЬНИМ МУЛЬТИПЛЕКСУВАННЯМ КАНАЛІВ Корнійчук В.І.; Глібко В.В. RESEARCH OF THE LINE LINK WITH SPECTRAL MEULTIPLEXING CHANNELS Volodymyr Korniychuk; Volodymyr Hlibko	139

ВІДЕОАНАЛІТИКА В ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ Гордієнко Даніела VIDEO ANALYTICS IN PUBLIC TRANSPORT Daniela Hordiienko	143
АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНЕ МІСТО» Гриценко В. Ю. ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE CONCEPT «SMART CITY» Hrytsenko V. Y.	147
АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ ДЛЯ БАНКІВСЬКИХ УСТАНОВ Коломійчук М. В. ANALYSIS OF PECULIARITIES OF CONSTRUCTION OF THE CONTROL AND ACCESS CONTROL SYSTEM FOR BANKING INSTITUTIONS Kolomiychuk M.V.	150
ОПТИМІЗАЦІЯ ПАСИВНИХ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ ДОСТУПУ Корнійчук В.І.; Барський В.В. OPTIMIZATION OF PASSIVE OPTICAL ACCESS NETWORKS Volodymyr Korniychuk; Volodymyr Barsky	153
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ VR У РЕЖИМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ Лебедев Б.О.; Шулакова К.С.; Боднар Л.В. FEATURES OF VR TECHNOLOGY APPLICATION IN DISTANCE LEARNING MODE Bohdan Lebedev; Kateryna Shulakova; Liliia Bodnar	156
КЛАСИФІКАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПУНКТИВ ТЕЛЕМЕДИЦИНИ Лебешев Д. Д. CLASSIFICATION MODEL OF TELEMEDICATION POINTS Denis Lebeshev	159
АНАЛІЗ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ НА ОСНОВІ БІОМЕТРИЧНИХ ІДЕНТИФІКАТОРІВ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ Лісовий Р.І. ANALYSIS OF ACCESS CONTROL SYSTEMS BASED ON BIOMETRIC IDENTIFIERS FOR ENTERPRISES Roman Lisovyi	163
ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ СИСТЕМ ВІДЕОАНАЛІТИКИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ ТРАФІКОМ МІСТА Линник Р. А ASSESSMENT OF VIDEO ANALYTICS SYSTEMS OPPORTUNITIES FOR CITY TRAFFIC MANAGEMENT Ruslan Lynnyk	166

- ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ
ОРТОГОНАЛЬНИМИ ГАРМОНІЧНИМИ СИГНАЛАМИ
«УЗАГАЛЬНЕНОГО КЛАСУ» 169
Барба І.Б.; Мельник О.О.
INVESTIGATION OF ORTHOGONAL HARMONIOUS SIGNALS OF
«GENERALIZED CLASS»
Iryna Barba; Oleg Melnyk
- АРХІТЕКТУРА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ ТРАФІКОМ НА БАЗІ
СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ 175
Линник Р. А
ARCHITECTURE OF ROAD TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM BASED ON
VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM
Ruslan Lynnyk
- ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАФІКА В
МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ 178
Барба І.Б.; Ніколаєв О.І.
RESEARCH OF TRAFFIC SERVICE CHARACTERISTICS IN THE MOBILE
NETWORK
Iryna Barba; Oleksandr Nikolaiev
- АЛГОРИТМ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ДОСТУПУ 180
Новаленко Ю. В.
ALGORITHM FOR SELECTING A TECHNOLOGY FOR BUILDING AN
ACCESS NETWORK
Novalenko Y. V.
- КОНТРОЛЬ ТА ПРОФІЛАКТИКА РОЗПОШИРЕННЯ ІНФЕКЦІЇ В
ПАНДЕМІЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ 183
Новіков А. О.
CONTROL AND PREVENTION OF SPREADING INFECTION IN PANDEMIC
USING INFORMATION SYSTEMS
Andrew Novikov
- ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ СОЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З
ВИКОРИСТАННЯМ ІНОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХІСТУ 188
Олександр Пахмурний; Леся Нікітюк
INCREASING THE SECURITY OF SOCIAL PURPOSE OBJECTS WITH THE
USE OF INNOVATIVE PROTECTION TECHNOLOGIES
Oleksandr Pakhmurny; Lesya Nikityuk
- АНАЛІЗ ЗАВАД ОПТИЧНОЇ БАГАТОХВИЛЬОВОЇ ВОСП 190
Паламарчук О.М.; Лісовий І.П.
THE INTERFERENCES ANALYSIS OF OPTICAL MULTI-WAVE FOCS
Palamarchuk O.M.; Lesovoy I.P.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ ДЛЯ ПРИВАТНИХ ОСЕЛЬ Паньков І. RESEARCH OF PECULIARITIES OF CONSTRUCTION OF A SMART HOUSE SYSTEM FOR PRIVATE HOUSES Pankov I.	193
ОЦІНКА ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ СЕКЦІЇ ВОСПІ З КАМ МОДУЛЯЦІЄЮ Педяш В.В.; Конюхов П.О; Телятник Д.П. ESTIMATION OF REGENERATION SECTION LENGTH OF OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM WITH QAM MODULATION Pedyash V.V.; Konyuhov P.O, Telyatnik D.P.	196
АНАЛІЗ СПОСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК» Самородов І.О.; Геля В.М. ANALYSIS OF WAYS OF IMPLEMENTATION OF THE "SMART HOUSE" SYSTEM Samorodov I.O.; Helia V.M.	200
ВИБІР СИСТЕМИ МОНИТОРІНГУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ІТ- ІНФРАСТРУКТУРИ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ Савицький О.М. SELECTION OF THE SYSTEM OF MONITORING OF QUALITY INDICATORS OF IT-INFRASTRUCTURE OF THE TELECOMMUNICATION NETWORK Savytskyi O. M.	203
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МЕРЕЖ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ Сліпенко М. В PECULIARITIES OF DESIGN OF SPECIAL PURPOSE INFORMATION NETWORKS Slipenko M. V	206
ПІДХІД ДО ВИБОРУ СИСТЕМИ МОНИТОРІНГУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ Савицький О. М. APPROACH TO THE CHOICE OF SYSTEM OF MONITORING TELECOMMUNICATION NETWORK FUNCTIONING Savytskyi O. M.	208
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІДПРИЄМСТВА Соколовский П. С.	212

ANALYSIS OF WAYS OF IMPLEMENTATION OF THE "SMART HOUSE" SYSTEM

Sokolovskiy P. S

ОЦІНКА ЗАТРИМКИ ПОВІДОМЛЕНЬ ПРОТОКОЛУ SIP В IP МЕРЕЖІ
Струкало М.І.; Каюков С.Л.; Слюсаренко Є.О.

214

ESTIMATION OF SIP PROTOCOL MESSAGE DELAY
IN THE IP NETWORK

Strukalo M.I.; Kaukov S.L.; Slusarenko Y.O.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МЕРЕЖЕВОГО ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

219

Талько О.С.

ANALYSIS OF METHODS OF QUALITY ASSESSMENT OF NETWORK
SOFTWARE

Talko O.S.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ РЕКЛАМНОЇ АГЕНЦІЇ

222

Тельпиш Віталій; Леся Нікітюк

RESEARCH OF INFORMATION INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT
METHODS FOR ADVERTISING AGENCY

Telpish Vitaliy; Lesya Nikityuk

МОДЕРНІЗОВАНИЙ АЛГОРИТМ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

225

Талько О.С.

MODERNIZED SOFTWARE QUALITY ASSESSMENT ALGORITHM

Talko O.S.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТОРГОВЕЛЬНИХ ЦЕНТРІВ
ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

228

Тимофєєв Дмитро; Леся Нікітюк

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SHOPPING CENTERS BY IMPROVING
THE INFORMATION INFRASTRUCTURE

Telpish Vitaliy; Lesya Nikityuk

ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ В КОНЦЕПЦІЇ «РОЗУМНЕ
МІСТО»

231

Федоритенко Б. М.; Харитоненко І.О.

BIOMETRIC IDENTIFICATION TECHNOLOGIES IN THE CONCEPT
«SMART CITY»

Fedorytenko B.M.; Kharytonenko I.O.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ГОТЕЛЬНОГО ТИПУ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	234
Михайло Ханк; Леся Нікітюк RESEARCH OF METHODS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF BUSINESS PROCESSES FOR HOTEL-TYPE ENTERPRISES BY IMPROVING INFORMATION INFRASTRUCTURE	
Mykhailo Khank; Lesya Nikityuk	
МОДЕЛЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ТРАКТІВ ВОСП	236
Барба І.Б.; Харченко Л.О. SIMULATION OF LINEAR TRACTES OF FIBER-OPTICAL TRANSMISSION SYSTEMS	
Iryna Barba; Larisa Kharchenko	
ІНТЕГРАЦІЯ БІОМЕТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В КОНЦЕПЦІЮ «РОЗУМНЕ МІСТО»	241
Харитоненко І. О. INTEGRATION OF BIOMETRIC TECHNOLOGIES INTO THE CONCEPT OF «SMART CITY»	
Kharytonenko I. O.	
ПРОБЛЕМАТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ДОСТУПОМ ДЛЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ	243
Царьов Р. Ю.; Лаврека К. Д.; Митюк А. В. PROBLEMS AND FEATURES OF DESIGN OF ACCESS CONTROL AND MANAGEMENT SYSTEMS FOR EDUCATIONAL INSTITUTIONS	
Tsaryov R. Y.; Lavreka K. D.; Mytiuk A. V.	
АЛГОРИТМ СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ЗАХИЩЕНОЇ ВЗАЄМОДІЇ	247
Шикута Л. О.; Яворська О. М. ALGORITHM FOR CREATING AN EFFECTIVE SYSTEM OF PROTECTED INTERACTION	
Shykuta L. O.; Yavorska O. M	
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖ РАДІОДОСТУПУ	250
Вакарчук А.О.; Разгон В.В.; Дикусар О.О. ANALYSIS OF METHODS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF CELLULAR RADIO ACCESS NETWORKS	
Vakarchuk A.O.; Razgon V.V.; Dykusal O.O.	
ПРОБЛЕМИ В VOIP ТЕЛЕФОНІЇ	252
Клещов М.Д. PROBLEM IN VOIP TELEPHONY	
Kleschov N.D.	

- РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ СТІЛЬНИКОВОЇ МЕРЕЖІ 256
Вакарчук А.О.; Лівадідіс В.М.; Гречаник М.В.; Федоренко А.Ю.
DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL FOR THE RESEARCH OF QUALITATIVE INDICATORS OF THE CELLULAR NETWORK
Vakarchuk A.O.; Livadidis V.M.; Hrechanik M.V.; Fedorenko A.U.

**СЕКЦІЯ 4 МЕТРОЛОГІЯ ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ВИРОБНИЦТВА, ВІЙСЬКОВОЇ СПРАВИ ТА СФЕРИ НАДАННЯ ПОСЛУГ**

- «ПІДВОДНІ КАМЕНІ» ЕКСПЛУАТАЦІЇ WIM-СИСТЕМИ ГАБАРИТНО-ВАГОВОГО КОНТРОЛЮ АВТОМОБІЛІВ 261
Боряк К.Ф.; Кузнєцова Л.В.; Željko Kos
"SPEARS" OF OPERATION OF WIM-SYSTEM OF DIMENSION-WEIGHT CONTROL OF VEHICLES
Boriak K.; Kuznetsova L.; Željko Kos
- ВПЛИВ АЦИДОЗУ РУБЦЯ НА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ КОРІВ ТА ЯКІСТЬ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ 274
Сафонова Є. П.; Могильовський В.М.
IMPACT RUMEN ACIDOSIS ON COWS RESISTANCE AND PRODUCT QUALITY IN UKRAINE
Safonova E.; Mogilovskiy V.
- ІЄРАРХІЧНІ МЕТОДИ WAVELET-ПЕРЕТВОРЕННЯ СІТКОВИХ ОБ'ЄКТІВ 276
Солодка В.І.; Патлаєнко М.О.; Калантарчук В.Р.
HIERARCHICAL METHODS OF WAVELET-TRANSFORMATION OF NETWORK OBJECTS
Solodka V.I.; Patlaienko M.O.; Kalantarchuk V.R.

**СЕКЦІЯ 5 УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА ТРАНСПОРТІ. ТЕХНОЛОГІЯ
ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ**

- СТРУКТУРА ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ ЕТАПІВ РЕЙСУ СУДНА 282
Коскіна Ю.О.
THE STRUCTURE AND SEQUENCE OF THE TRAMP VESSELS VOYAGE
Koskina Yu.O.
- ФОРМУВАННЯ СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ 287
Ганєва Т.І.; Урсуленко В.В.; Гладка Т.О.
FORMATION OF SOCIO-PSYCHOLOGICAL COMPETENCE OF FUTURE SPECIALISTS IN TRANSPORT LOGISTICS
Hanieva T.I.; Ursulenko V.V.; Hladka T.O.

АНАЛІЗ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 290

Кирилюк Є.В.; Ганєва Т.І.; Щокіна О.І.

ANALYSIS OF NEW TECHNOLOGIES AND AUTOMATION OF FREIGHT TRANSPORTATION

Kyryliuk Ye.V.; Hanieva T.I.; Shchokina O.I.

**СЕКЦІЯ 6 ЯКІСТЬ НАДАННЯ ПОСЛУГ. ВПЛИВ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ
ТА ГУМАНІТАРНИХ ДИСЦИПЛІН НА РОЗВИТОК СФЕРИ ТЕХНІЧНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ**

БЕЗПЕРЕРВНІСТЬ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В УМОВАХ ПАНДЕМІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ 296

Рачек М.С.; Сафонова Н.В.

CONTINUITY OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN CONDITIONS OF PANDEMIC RESTRICTIONS

Rachek M.; Safonova N.

ДИДАКТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ НАВЧАННЯ ВИЩІЙ МАТЕМАТИКИ СТУДЕНТІВ ПЕРШИХ КУРСІВ ЗВО 299

Лінкова О.В.; Гарбуз А.І.

DIDACTIC FEATURES OF TEACHING HIGHER MATHEMATICS OF FIRST COURSES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Linkova O.; Harbuz A.

СПЕЦИФІКА НЕВЕРБАЛЬНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ІНОЗЕМНИХ СТУДЕНТІВ – ЗДОБУВАЧІВ ТЕХНІЧНОЇ ВИЩОЇ ОСВІТИ 302

Сафонова Є.П.; Сафонова Н.В.

SPECIFICS OF NON-VERBAL SIGNALING IN THE PROCESS OF PREPARATION OF FOREIGN STUDENTS – RECIPIENTS OF TECHNICAL HIGHER EDUCATION

Safonova E.; Safonova N.

ОЦІНКА ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ СЕКЦІЇ ВОСП З КАМ МОДУЛЯЦІЄЮ

Педяш В.В.¹; Конюхов П.О.²; Телятник Д.П.³

1 - к.т.н., доцент кафедри СЕК, ДУІТЗ, Одеса, Україна

2 - магістрант ДУІТЗ, Одеса, Україна

3 - магістрант ДУІТЗ, Одеса, Україна

Анотація - У роботі досліджені характеристики якості каналу когерентної ВОСП ОТН ОТУЗ з модуляцією КАМ-16. Розроблено імітаційну модель MatLab відповідної системи передачі і отримана залежність ймовірності помилки біта від протяжності лінії. Виконано зіставлення характеристик ВОСП для трьох розповсюджених типів оптичного волокна. Встановлено, що найбільша протяжність регенераційної секції в 1600 км відповідає волокну типу Corning LEAF.

Ключові слова - ВОСП, волокно, спотворення, сигнал, вірогідність помилки, квадратурна амплітудна модуляція, когерентний прийом.

ESTIMATION OF REGENERATION SECTION LENGTH OF OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM WITH QAM MODULATION

Pedyash V.V.¹; Konyuhov P.O.², Telyatnik D.P.³

1 – Ph.D., Associate professor of chair of electronic communication systems, SUITC, Odessa, Ukraine

2 - Master's student of SUITC, Odessa, Ukraine

3 - Master's student of SUITC, Odessa, Ukraine

Abstract – Channel quality characteristics of a coherent optical transmission system with quadrature amplitude modulation are investigated in this paper. A MatLab simulation model of the corresponding transmission system was developed and the dependence of bit error probability from the length of the line was calculated. The characteristics of transmission systems for three types of optical fibers are compared. It is found that the maximum length of the regeneration section of 1600 km corresponds to the fiber type Corning LEAF.

Keywords – optical communication system, fiber, distortions, signal, bit error probability, quadrature amplitude modulation.

Волоконно-оптичні системи передачі (ВОСП) є основою для побудови телекомунікаційної мережі. Впровадження сервісів по наданню мультимедійних послуг потребує постійного збільшення швидкості каналів волоконно-оптичних систем передавання транспортних мереж. На даний час це завдання успішно вирішується шляхом використання ВОСП оптичної транспортної ієрархії, що дозволяє організовувати оптичні канали зі швидкістю від 2,7 до 112 Гбіт/с. Подальше збільшення пропускної здатності ВОСП можливе завдяки підвищенню кількості задіяних каналів та підвищенню швидкості передавання в кожному з них. Для підвищення швидкості передавання цифрового сигналу по оптичним каналам в останній час використовуються ефективні методи модуляції (КАМ та OFDM) з високою спектральною ефективністю та методи когерентного прийому [1].

Відомо, що оптичне волокно (ОВ) вносить в сигнал крім лінійних (дисперсійних) спотворень також і нелінійні спотворення. В сукупності, зазначені ефекти призводять до зменшення відношення сигнал/шум на вході

вирішуючого пристрою приймача, підвищенню ймовірності помилки біта на виході цифрового каналу та зменшенню довжини регенераційної ділянки.

Для боротьби зі спотвореннями хроматичної дисперсії широко застосовуються відповідні пристрої компенсації у вигляді окремого блоку або цифрові еквайзери в алгоритмах цифрової обробки сигналу приймача ВОСП [2]. Для компенсації загасання сигналу в ОВ застосовуються оптичні підсилювачі (ОП) на базі волокна, легованого ербієм (EDFA) або раманівського ефекту [3]. В результаті, якість оптичного каналу ВОСП (ймовірність помилки біта, BER) визначається відношенням сигналу до шуму посиленого спонтанного випромінювання (ПСВ) та нелінійними спотвореннями сигналу в середовищі розповсюдження.

Тому метою даної роботи є оцінка довжини регенераційної секції ВОСП з квадрататурною амплітудною модуляцією.

Для вирішення поставленого завдання була розроблена узагальнена MatLab модель ВОСП з когерентним прийомом і модуляцією КАМ-М (рис. 1). У даній роботі наведені результати досліджень на прикладі модуляції КАМ-16.

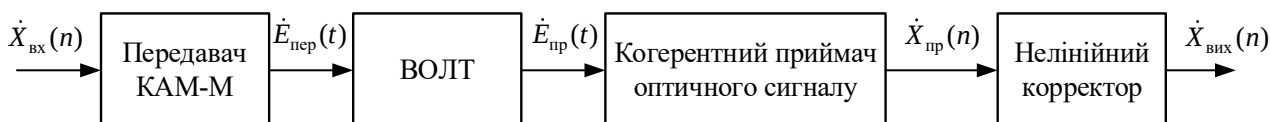


Рисунок 1 - Структурна схема моделі ВОСП з КАМ модуляцією

На вхід каналу ВОСП від формувача сигнального сузір'я надходить послідовність $\dot{X}_{вх}(n)$ з N_c інформаційних символів ($1 \leq n \leq N_c$). На виході передавача формується оптичний сигнал з середньою потужністю $P_{пер}$.

Сигнал з виходу передавача проходить через волоконно-оптичний лінійний тракт (ВОЛТ). Він складається з $N_{секц}$ однакових підсилювальних секцій, кожна з яких містить ОВ довжиною $L_{секц}$, ОП типу EDFA та блок компенсації хроматичної дисперсії. Моделювання оптичного волокна виконувалося методом Фур'є з розщепленням по фізичним факторам [4]. На виході ОП формувався шум ПСВ з рівномірною спектральною щільністю потужності в робочій смузі частот каналу ВОСП [5].

У розробленій моделі системи на виході ВОЛТ окрім адитивного шуму ПСВ міститься також і фазовий шум, викликаний фазовою самомодуляцією (ФСМ) сигналу в ОВ. Тому символи $\dot{X}_{пр}(n)$ з виходу когерентного приймача ВОСП обробляються в нелінійному коректорі, який мінімізує фазові спотворення.

Моделювання виконувалося з використанням характеристик функціональних блоків, зазначених в табл. 1. Оскільки спотворення сигналу у ВОЛТ залежать від характеристик середовища поширення, моделювання проводилося для трьох розповсюджених типів ОВ - Corning SMF-28, TrueWave RS і Corning LEAF [6-8]. По вихідній послідовності символів розраховувалися показники якості каналу - відносна помилка модуляції EVM і BER [9]:

$$EVM_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{N_c} |\dot{X}_{\text{вх}}(n) - \dot{X}_{\text{вих}}(n)|^2}{\sum_{k=1}^{N_c} |\dot{X}_{\text{вх}}(n)|^2}}, \quad (1)$$

$$BER = \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{M}}}{0,5 \log_2 M} \operatorname{erfc} \left[\sqrt{\frac{3}{2(M-1)EVM_{\text{rms}}^2}} \right]. \quad (2)$$

Таблиця 1 - Характеристики MatLab моделі каналу ВОСП с КАМ модуляцією

Параметр	Значення	Параметр	Значення
$B_{\text{пер}}$	43,018 Гбіт/с (OTU3)	Довжина підсилювальної секції $L_{\text{секц}}$	100 км
Кількість символів N_c	500000	Шум-фактор EDFA nf	6 дБ
$P_{\text{пер}}$	1 мВт	Смуга частот каналу ВОСП	100 ГГц
Символьна швидкість $B_{\text{симв}}$	10,75 Гсимв/с	Смуга пропускання ФНЧ приймача ΔF_e	16,132 ГГц

В ході моделювання було встановлено, що показники якості каналу ВОСП залежать від потужності сигналу передавача. Оптимальне значення потужності $P_{\text{пер}}$, при якому досягається мінімум BER з ростом довжини ВОЛТ незначно зменшується, оскільки на кожній наступній секції відбувається накопичення завади ФСМ. Для розглянутого діапазону довжин ВОЛТ (1-20 секцій) значення $P_{\text{пер}}$ становило близько 1 мВт, яке і було використано в подальших розрахунках.

Залежність ймовірності помилки в каналі ВОСП ОТН OTU3 для трьох типів ОВ від кількості секцій ВОЛТ наведена на рис. 1, а. Найкращі показники якості досягаються при використанні ОВ типу Corning LEAF, оскільки воно має низький коефіцієнт нелінійності ($\gamma = 1,238 \text{ Вт}^{-1}\text{км}^{-1}$) і хроматичної дисперсії ($D = 4,2 \text{ пс}/(\text{нм}\cdot\text{км})$). Протяжність каналу ВОСП при граничному значенні $BER < 10^{-5}$ становить 1600 км (16 секцій по 100 км кожна).

При використанні ОВ типу SMF-28 (G.652) спостерігається значна залишкова похибка корекції положення точок сигнального сузір'я КАМ, викликана спільною дією дисперсійних спотворень і ФСМ (рис. 1, б). Інші два типи досліджених волокон відповідають рекомендації МСЕ-Т G.655, що передбачає значно менший показник хроматичної дисперсії. Незважаючи на практично однакові характеристики спотворень хроматичної дисперсії, найкращі показники якості досягаються при використанні ОВ типу Corning LEAF.

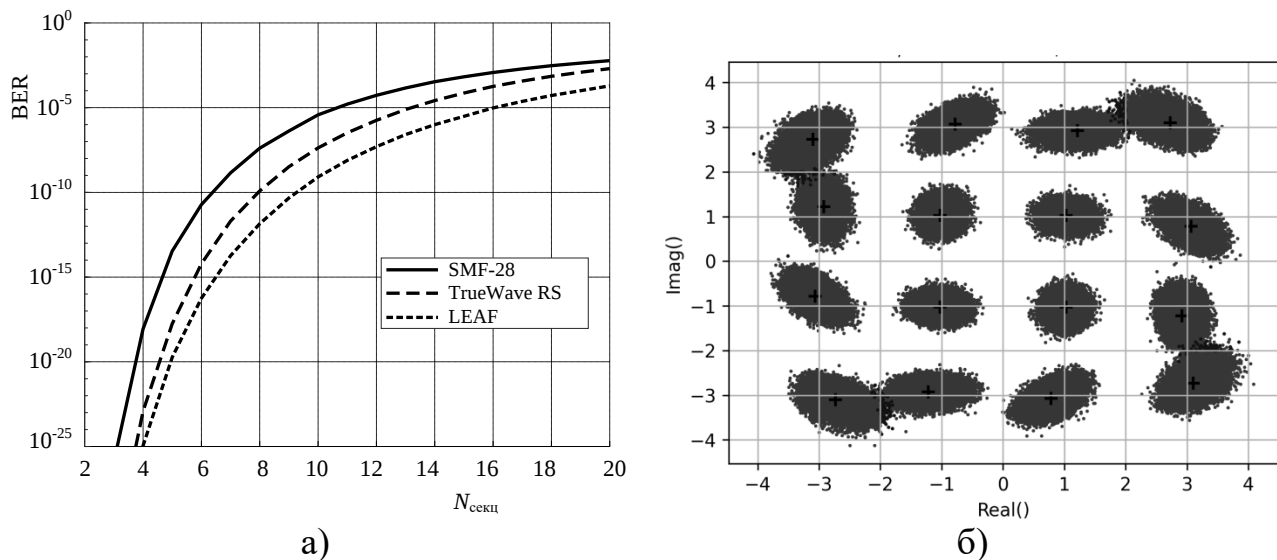


Рисунок 1 – Результати моделювання каналу ВОСП з КАМ-16: а) залежність *BER* від протяжності ВОЛТ; б) форма сигнального сузір'я на виході коректора при $N_{\text{секц}} = 10$

У висновках по проведених дослідженнях можна стверджувати, що поставлена задача по оцінці довжини регенераційної секції ВОСП з квадратурною амплітудною модуляцією виконана. Вона вирішена шляхом розробки імітаційної (математичної) моделі каналу ВОСП з відповідною структурною схемою. Встановлено, що максимальна довжина ділянки регенерації в 1600 км досягається при використанні ОВ типу Corning LEAF.

ЛІТЕРАТУРА (REFERENCES)

- [1] K. Kikuchi, "Fundamentals of Coherent Optical Fiber Communications", Journal of Lightwave Technology, vol. 34, no. 1, pp. 157-179.
- [2] I. Kaminow, T. Li, AE Willner, Optical Fiber Telecommunications VB, Fifth Edition, Systems and Networks. New York: Academic Press, 2008.
- [3] GP Agrawal, Lightwave Technology: Telecommunication Systems, New York: Wiley, 2005.
- [4] GP Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, New York: Academic Press, 2013.
- [5] V. Pedyash, A. Mazur and D. Rozenvasser, "Evaluation of Quality Parameters of an Intensity-Modulated Optical Transmission System" in Current Trends in Communication and Information Technologies, P. Vorobiyenko, M. Ilchenko, I. Strelkovska, Eds. Springer International Publishing, 2021. Corning LEAF Optical Fiber. Product Information. [Електронний ресурс]/Режим доступу: <https://www.corning.com/media/worldwide/coc/documents/Fiber/LEAF%20optical%20fiber.pdf> (14.10.2021). TrueWave RS Optical Fiber [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://fiber-optic-catalog.ofsoptics.com/documents/pdf/TrueWaveRSLWP-120-web.pdf> (14.10.2021).
- [6] Corning SMF-28E + Optical Fiber [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.corning.com/media/worldwide/coc/documents/Fiber/PI-1463-AEN.pdf> (14.10.2021).
- [7] I. Fatadin, "Estimation of BER from Error Vector Magnitude for Optical Coherent Systems», Photonics, vol. 3, no. 21, 2016.

Наукове видання

XI МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

**ТЕХНІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, МЕТРОЛОГІЯ,
ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

22 – 23 жовтня 2021 р.

Стиль та орфографія авторів збережені
Підписано до друку 20.10.2021 р.
Формат 60*84/16. Гарнітура Times New Roman
Ум.друк.арк. 12,56

Виготовлено у Державному університеті інтелектуальних технологій і зв'язку
65023, м. Одеса, вул. Кузнєчна, 1