



ISSN 1681-7710

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ
ІМЕНІ ІВАНА КОЖЕДУБА

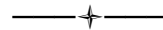
Системи обробки інформації

Наукове
періодичне
видання

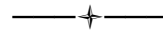
Випуск 7 (132)



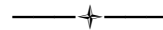
ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ
В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ



ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ
В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ



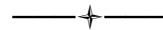
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ



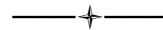
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ



ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ



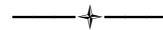
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ



МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ,
ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ



ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ



АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАВЧАННЯ

Харків
2015

Збірник наукових праць «Системи обробки інформації» заснований у 1996 році. У збірнику публікуються результати досліджень з розробки нових інформаційних технологій як для рішення традиційних задач збору, обробки та відображення даних, так і для побудови систем обробки інформації у різних проблемних галузях. Збірник призначений для наукових працівників, викладачів, докторантів, ад'юнктів, аспірантів, а також курсантів та студентів старших курсів відповідних спеціальностей.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

- Голова:** СТАСЄВ Юрій Володимирович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків).
- Члени:** БАЙРАМОВ Азад Агахар Огли (д-р фіз.-мат. наук проф., Військова академія, Баку, Азербайджан);
БАРАННИК Володимир Вікторович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
БІЛЬЧУК Віктор Михайлович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ВАРША Зігмунд Лех (PhD, Polish Metrological Society, Варшава, Польща);
ГОРОБЕЦЬ Микола Миколайович (д-р техн. наук проф., ХНУ, Харків);
ГОРОДНОВ В'ячеслав Петрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ДРОБАХА Григорій Андрійович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЄВДОКИМОВ Віктор Федорович (д-р техн. наук проф., член-кор. НАНУ, ІПМЕ НАНУ, Київ);
ЄРМОШИН Михайло Олександрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЗАХАРОВ Ігор Петрович (д-р техн. наук проф., ХНУРЕ, Харків);
ІВАНОВ Віктор Кузьмич (д-р фіз.-мат. наук с.н.с., ІРЕ НАНУ, Харків);
КОНОВАЛЕНКО Олександр Олександрович (д-р фіз.-мат. наук проф., академік НАНУ, РІ НАНУ, Харків);
КОНОНОВ Володимир Борисович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
КРАСНОБАЄВ Віктор Анатолійович (д-р техн. наук проф., ПНТУ, Полтава);
КУПЧЕНКО Леонід Федорович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
КУЧУК Георгій Анатолійович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ЛОСЄВ Юрій Іванович (д-р техн. наук проф., ХНУ, Харків);
ПАВЛЕНКО Максим Анатолійович (д-р техн. наук доц., ХУПС, Харків);
ПОРОШИН Сергій Михайлович (д-р техн. наук проф., НТУ «ХПІ», Харків);
РАДЄВ Христо Кирилов (д-р техн. наук проф., Технічний університет, Софія, Болгарія);
РУБАН Ігор Вікторович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
СЕРЕНКОВ Павло Степанович (д-р техн. наук проф., БДУ, Мінськ, Білорусь);
СМЕЛЯКОВ Кирило Сергійович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
СМЕЛЯКОВ Сергій В'ячеславович (д-р фіз.-мат. наук проф., ХУПС, Харків);
СМІРНОВ Євген Борисович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ТИМОЧКО Олександр Іванович (д-р техн. наук проф., ХУПС, Харків);
ХАКІМОВ Ортаголи Шарипович (д-р техн. наук проф., ДУ ЦНЕ, Ташкент, Узбекистан);
ХАРЧЕНКО В'ячеслав Сергійович (д-р техн. наук проф., НАКУ «ХАІ», Харків);
ШМАКОВ Олександр Миколайович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків);
ЯРОШ Сергій Петрович (д-р військ. наук проф., ХУПС, Харків).

Відповідальний секретар: КОРОЛЮК Наталія Олександрівна (канд. техн. наук, ХУПС, Харків).

Адреса редакційної колегії: 61023, м. Харків, вул. Сумська, 77/79,
Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба.
Телефон редакційної колегії: +38 (057) 704-96-53 (консультації, прийом статей).
E-mail редакційної колегії: info@hups.mil.gov.ua.

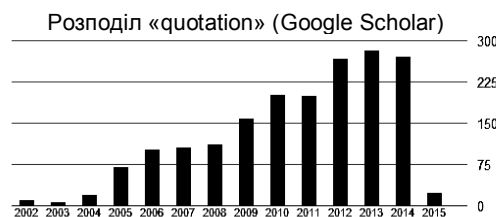
За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

Затверджений до друку Вченою Радою Харківського університету Повітряних Сил
(протокол від 16 червня 2015 року № 11).

Занесений до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук»,
(технічні та військові науки; затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528;
попередні постанови президії ВАК України: від 14.10.2009 р. № 1-05/4; від 9.02.2000 р. № 2-02/2)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

Інформаційний сайт збірника: www.hups.mil.gov.ua.
Реферативна інформація зберігається у загальнодержавній реферативній базі даних „Україніка наукова” та публікується у відповідних тематичних серіях УРЖ „Джерело”.
Видання індексується міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних: **Index Copernicus** (Польща, $ICV = 5,39$), **Google Scholar** (наукометричні показники – $quot. = 1972 / h = 12 / i10 = 26$).



З М І С Т

ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

<i>Близнюк О.Д., Олійник Ю.А., Куц В.Ю., Куц Ю.В., Монченко О.В.</i> Використання ультразвукового двохшального способу для підвищення точності вимірювання товщини виробів	6
<i>Богданов О.В.</i> Залежність пружних коливань пакету від модуля Юнга внутрішнього шару при фототермоакустичному перетворенні	11
<i>Буданов П.Ф., Бровко К.Ю.</i> Просторово-часова модель інформаційного простору з фрактальною структурою	15
<i>Бударецький Ю.І.</i> Особливості реалізації радіолокаційного вимірювача параметрів руху для автоматизованих систем місцевизначення наземних рухомих об'єктів	20
<i>Величко О.М., Шевкун С.М.</i> Групове експертне оцінювання стану метрологічного забезпечення вимірювання ємності та індуктивності	25
<i>Воронько В.В.</i> Формальное представление единого информационного пространства сложного объекта управления с позиций аналитической геометрии при изготовлении авиационных конструкций	29
<i>Деденок В.П., Резников Ю.В., Карлов Д.В., Пичугин М.Ф., Степаненков Н.М., Журавский М.Н.</i> Методика оценивания параметров ионосферного канала при решении задач радиопеленгования и планирования сеансов связи в коротковолновом диапазоне частот	33
<i>Дідук В.А.</i> Комп'ютерна система автоматичного обліку спожитої рідини чи газу з живленням від вимірюваного сигналу .	37
<i>Красильников А.И., Полобиук Т.А.</i> Кумулянтный анализ акустических сигналов утечки жидкости в трубопроводе	41
<i>Курцева Л.Б., Єрьоміна Н.С., Шкоріна Ю.М.</i> Цифрова трьохмасова система управління швидкістю обертання і натягом багатодвигуновим электроприводом папірообмотувальної машини	45
<i>Лебедь В.Г., Калкаманов С.А.</i> Математическая модель нелинейной аэродинамики вертолета одновинтовой схемы для задач моделирования динамики полета на вертолетных тренажерах	50
<i>Можжаєв О.О., Баленко О.І.</i> Аналіз структури системи акустичного моніторингу	55
<i>Носков В.И., Мезенцев Н.В., Гейко Г.В., Липчанский М.В.</i> Метод определения гармонического состава фазного тока статора асинхронного двигателя в системах регулируемых приводов	59
<i>Слободянюк В.В.</i> Влияние вида развертки цифрового изображения на эффективность метода подавления шума, использующего технологию суррогатных данных	62
<i>Творошенко И.С., Мгеброва В.Р., Белый В.В.</i> Практические аспекты применения современных геоинформационных систем для создания муниципальной геоинформационной системы города Харькова	65

C O N T E N T

INFORMATION PROCESSING IN COMPLEX ENGINEERING SYSTEMS

<i>Bliznyuk O.D., Oliynyk J.A., Kutz V.J., Kutz J.V., Monchenko O.V.</i> The use of ultrasonic descaling method to improve the accuracy thickness measurement products	6
<i>Bogdanov O.V.</i> The dependence of the elastic vibrations package of young's modulus of the inner layer when photo thermo acoustic converting	11
<i>Budanov P.F., Brovko K.Yu.</i> Spatial-temporal model of information space with fractal structure	15
<i>Budaretskiy Y.I.</i> Implementation peculiarities of the radar meter of motion parameters for an automated detection systems of the ground moving objects	20
<i>Velychko O.M., Shevkun S.M.</i> Group expert evaluation of the state of the metrological assurance of measuring of capacity and inductance	25
<i>Voronko V.V.</i> Formal representation of single information space for complex subject of control on the basis of analytical geometry in the manufacture of aircraft structures	29
<i>Dedemok V.P., Reznikov Yu.V., Karlov D.V., Pichugin M.F., Stepanenkov M.M., Shuravskiy M.M.</i> Method of estimation of ionosphere channel parameters at the decision of tasks radio direction findings and planning of connection sessions in a short-wave range	33
<i>Didook V.A.</i> Computer system of automatic calculation of the consumption liquid or gas powered measured signal	37
<i>Krasil'nikov A.I., Polobiuk T.A.</i> Cumulant analysis of acoustic signals of fluid leak in the pipeline	41
<i>Kurceva L.B., Eremina N.S., Shkorina Yu.M.</i> Digital threemass control the system by speed of rotation and pull multimotive the electro mechanic of paper-lapping machine	45
<i>Lebed V.G., Kalkamanov S.A.</i> Mathematical models of nonlinear aerodynamics helicopter single-rotor scheme for the problem of modeling dynamics of flight on the helicopter simulators	50
<i>Mozhaev O.O., Balenko O.I.</i> Analysis of structure of acoustic monitoring system	55
<i>Noskov V.I., Mezentsev N.V., Gejko G.V., Lipchanskij M.V.</i> The method for determination harmonic content of induction motors stator phase current in the systems of variable speed drives	59
<i>Slobodyanuk V.V.</i> The analysis of the influence of the kind of scanning digital image on efficiency of the suppression noise method using surrogate data technology	62
<i>Tvoroshenko I.S., Mhebrova V.R., Byeliy V.V.</i> Practical aspects of using modern geoinformation systems for creation of municipal geographic information system of Kharkiv	65

<i>Шишацький А.В.</i> Методика формування сигнально-кодових конструкцій OFDM-сигналу в умовах впливу навмисних завад та селективних завмирань 71	<i>Shishatskiy A.V.</i> Method forming signal-code construction OFDM-signal in exposure conditions and selective fading 71
<i>Шуляк М.Л., Козлов Ю.Ю.</i> Вплив коливання швидкості руху машинно-тракторного агрегату на надійність технологічної операції 77	<i>Shuljak M.L., Kozlov Yu.Yu.</i> The impact of fluctuations speed tractor units the reliability of technological operations 77
ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ В СКЛАДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ	INFORMATION PROCESSING IN COMPLEX ORGANIZATIONAL SYSTEMS
<i>Сергунова О.В., Павленко М.А., Тимочко А.І., Воробьев Е.В.</i> Анализ методов моделирования деятельности оператора в системе "человек-машина" 80	<i>Sergynova O.V., Pavlenko M.A., Timochko A.I., Vorobjev V.E.</i> Analysis of modeling methods for the operator in the system "man-machine" 80
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ	MATHEMATICAL MODELS AND METHODS
<i>Дубницький В.Ю., Ходырев А.И.</i> Определение относительной оценки тяжести хвоста распределения – уровня хвоста 83	<i>Dubnitskiy V.Yu., Khodyrev A.I.</i> Determination of relative estimate of the weight of distribution tail area -tail level 83
<i>Раскин Л.Г., Серая О.В.</i> Аналитическое описание функций принадлежности бинечетких чисел 93	<i>Raskin L.G., Sira O.V.</i> Analytical description of the be fuzzy numbers functions 93
<i>Романюк В.В.</i> Двошаровый перцептрон для класифікації масштабованих об'єктів з поворотом і зсувом за генеральної сукупності з 26 класів з монохромних зображень формату 60-на-80 за допомогою навчання на масштабованих зображеннях з поворотом і зсувом при піксельних спотвореннях 98	<i>Romanuke V.V.</i> Two-layer perceptron for classifying scaled-turned-shifted objects by 26 classes general totality of monochrome 60-by-80-images via training with pixel-distorted scaled-turned-shifted images 98
<i>Самитова В.А.</i> Отображение порядковых характеристик в цифровую шкалу на основе нечеткой кластеризации 107	<i>Samitova V.A.</i> Fuzzy clusterization of data in ordinal scale based on mapping ordinal feature values into numerical values 107
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ	INFORMATION SECURITY
<i>Громыко И.А.</i> Общая парадигма защиты информации: носители и среда распространения информации 111	<i>Gromyko I.A.</i> General paradigm of information protection: storages and information distribution medium 111
<i>Дяченко А.Ю.</i> Криптографічне хешування інформації на основі багатопараметричних моделей 115	<i>Dyachenko A.Yu.</i> Cryptographic hashing of information based on multivariate models 115
<i>Немцова О.А.</i> Біометрична ідентифікація у кіберпросторі 118	<i>Nemtcova A.A.</i> Biometric identification in cyberspace 118
<i>Поночовный Ю.Л., Боярчук А.В., Харченко В.С.</i> Модели готовности веб-системы с учетом программных отказов и атак на уязвимости конфигурации службы DNS 122	<i>Ponochovniy Yu.L., Boyarchuk A.V., Kharchenko V.S.</i> Availability models of web-system considering software faults and attacks on the configuration vulnerabilities of DNS 122
<i>Проценко О.А., Блюма А.В., Кожухівський А.Д.</i> Системний аналіз профілю захищеності відкритих інформаційних систем 128	<i>Procenko A.A., Bluma A.V., Kozhukhovskiy A.D.</i> System analysis of protection profile of the open information systems 128
<i>Рубан И.В., Смеляков С.В., Смирнов А.А., Бурковский В.С.</i> Анализ возможностей утечки информации в ИТКС при использовании протоколов транспортного уровня модели OSI в качестве стегоконтейнера 132	<i>Ruban I.V., Smelyakov S.V., Smirnov A.A., Burkovskij V.S.</i> Analysis of information disclosure in ITCN using the protocols of the transport layer of OSI model as steganographic container 132
<i>Туйчиев Г.Н.</i> О сети IDEA2m-m, состоящей из m раундовых функций и ее модификации 136	<i>Tuychiev G.N.</i> About network of idea2m-m, consisting of m round of functions and its modification 136
ІНФОКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ	INFOCOMMUNICATION SYSTEMS
<i>Баранник В.В., Рябуха Ю.Н.</i> Метод оценки информативности двухбазисного биадического представления контурированной видеопоследовательности 148	<i>Baramnik V.V., Ryabukha Yu.N.</i> Method assessment of the information bibasic biadicaly presentation contoured video sequence 148

<i>Бондаренко Н.А., Жилин В.А.</i> Разработка проекта для создания нового класса Color и элемента управления TextBox с новым свойством Symbols в системе объектно-ориентированного программирования	154	<i>Bondarenko N.A., Zhilin V.A.</i> Development of project for creation of new class of Color and custom of TextBox control with new property of Symbols in system of the objective-oriented programming	154
<i>Вовченко В.В.</i> Статистическая оценка потерь в каналах связи стандарта LTE и LTE-Advanced на базе технологии MIMO	159	<i>Vovchenko V.S.</i> Statistical estimation of losses in communication channels of standard LTE and LTE-advanced on the basis of technology MIMO	159
<i>Лосев Ю.И., Шматков С.И., Руккас К.М., Олоту Олуватосин Д., Малышко Ю.М.</i> Модель управления сетевыми ресурсами распределенной информационной системы в условиях неопределенности на основе использования искусственного интеллекта ..	164	<i>Yu.I. Losev, S.I. Shmatkov, K.M. Rukkas, D. Olotu Oluwatosin, Yu.M. Malyshko</i> Model of distributed network resources information system in conditions of uncertainty on the basis of the use of artificial intelligence	164
<i>Слюсарь И.И., Слюсар В.И., Ильченко О.П., Матько В.П.</i> Оптический доступ наступного покоління на основі конвергентних рішень	169	<i>Slyusar I.I., Slyusar V.I., Ilchenko O.P., Matko V.P.</i> Optical access next generation converged solutions	169
<i>Шабанов-Кушнаренко С.Ю., Мамедов А.А.</i> Построение предикатной модели процесса формирования программной архитектуры	174	<i>Shabanov-Kushnarenko S.Yu., Mamedov A.O.</i> Construction of the software architecture formation predicate model	174
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МЕДИЦИНІ		INFORMATION TECHNOLOGIES IN MEDICINE	
<i>Сайковская Л.Ф.</i> Использование корреляционного метода для оценки текущего состояния оператора зрительного профиля ..	178	<i>Saikivska L.F.</i> Use of correlation methods to assess the current condition of visual type operator	178
<i>Соловьева О.И.</i> Статистический анализ экспериментальных данных для компьютерной системы ранней диагностики	182	<i>Solov'eva O.I.</i> Statistical analysis of experimental data for computer system of early diagnostics	182
МОДЕЛЮВАННЯ В ЕКОНОМІЦІ, ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ		MODELING IN ECONOMICS, INDUSTRIAL ENGINEERING AND PROJECT MANAGEMENT	
<i>Лемешко Т.А.</i> Управління якістю проектів вищої освіти в корпоративній інформаційній системі	186	<i>Lemeshko T.A.</i> Quality management of higher education projects in the corporate information system	186
ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ		EMERGENCY PREVENTION AND LIQUIDATION	
<i>Бабак С.В.</i> Мониторинг окружающей среды АЭС с использованием систем видеонаблюдения и измерения мощности экспозиционной дозы на базе беспилотного авиационного комплекса	190	<i>Babak S.V.</i> Monitoring of NPP environment using video surveillance and exposure dose measurement systems on the basis of Unmanned Aerial Complex	190
<i>Глухова Н.В., Пісоцька Л.А., Кучук Н.Г.</i> Метод оцінки біологічних та квантових властивостей води	195	<i>Glukhova N.V., Pesockaya L.A., Kuchuk N.G.</i> Method of assessment of biological and quantum properties of water	195
<i>Горбов О.М., Іохов О.Ю., Новикова О.О.</i> Метод оцінювання рівня захисту сегменту діяльності сил охорони правопорядку	201	<i>Gorbov O.M., Iochov O.Yu., Novikova O.O.</i> Method for estimating the level of protection segment activities of the security forces	201
<i>Шевченко Р.І.</i> Розробка методу критичних та ускладнюючих сигналів для формування інформаційного фільтру підсистеми збору та контролю стану об'єктів моніторингу надзвичайних ситуацій	204	<i>Shevchenko R.I.</i> Method development and critical complicating signal filter for formation of information collection and control subsystem of monitored emergencies	204
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ НАВЧАННЯ		TOPICAL TRAINING ISSUES	
<i>Барашев К.С., Кирвас В.А.</i> Информационная система рейтинговой оценки профессиональной деятельности преподавателей вузов ..	210	<i>Barashev K.S., Kirvas V.A.</i> Information system of rating evaluation of professional activities university teachers	210
<i>Калиниченко О.В., Козел Р.Д., Лецинский В.А., Лецинская И.А.</i> О модульно-рейтинговом контроле знаний студентов	213	<i>Kalynychenko O.V., Kozel R.D., Leschynskiy V.A., Leschynskaya I.A.</i> About the module-rating students' knowledge control	213
Наші автори	217	Authors	217
Алфавітний покажчик	220	Alphabetical index	220

УДК 621.391

І.І. Слюсарь, В.І. Слюсар, О.П. Ільченко, В.П. Матько

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава

ОПТИЧНИЙ ДОСТУП НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ НА ОСНОВІ КОНВЕРГЕНТНИХ РІШЕНЬ

В роботі розглянута реалізація концепції оптичного доступу наступного покоління на основі конвергентних рішень «радіо поверх оптики». Розроблена модель гібридної пасивної оптичної мережі з використанням спектрального ущільнення оптичних каналів, по кожному з яких передається радіосигнал на основі ортогональної частотної дискретної модуляції (OFDM). В ході проведеного аналізу варіантів запропонованої гібридної пасивної оптичної мережі, визначені недоліки використання OFDM. З метою їх усунення та підвищення пропускної здатності мережі запропоноване використання методу неортогональної частотної дискретної модуляції (N-OFDM).

Ключові слова: пасивна оптична мережа, оптична розподільча мережа, оптичний доступ, DWDM, NGOA, N-OFDM, ODN, OFDM, WDM.

Вступ

Як відомо [1], пасивні оптичні мережі (Passive Optical Network, PON) мають низку переваг: мінімальне використання активного обладнання; мінімізація кабельної інфраструктури; низька вартість обслуговування; можливість інтеграції з кабельним телебаченням; достатні масштабованість та щільність абонентських портів. Домінуючою формою PON в Європі та Північній Америці є Gigabit PON (GPON), а в Азії популярна Ethernet PON (EPON) – частина IEEE 802.3ah (EFM). Зазвичай, PON має топологію дерева. У проміжних вузлах дерева можуть розміщуватись пасивні оптичні розгалужувачі з коефіцієнтом розгалуження до 1:64 або навіть 1:128 [2].

Останнім часом, існує значна потреба у підвищенні пропускної здатності PON через збільшення кількості абонентів, обсягу відео-контенту та ін. [3].

Як наслідок, можна констатувати той факт, що існуючі класичні підходи щодо організації PON не задовольняють світовим тенденціям розвитку оптичного доступу. Одним з шляхів підвищення ефективності мереж доступу на основі оптичного волокна (ОВ) є створення гібридних PON, використання технологій «радіо поверх оптики».

Мета роботи: реалізація концепції оптичного доступу наступного покоління на основі конвергентних рішень «радіо поверх оптики».

Основна частина

В класичній PON для передачі прямого та зворотного каналу використовується одне ОВ, смуга пропускання якого динамічно розподіляється між абонентами, або 2 ОВ – в разі резервування. Низхідний потік (Downstream, DS) від центрального вузла (Central Office, CO) до абонентів йде на довжині хвилі 1490 і 1550 нм для відеосигналу у смузі радіочастот (RF-video), такого ж, як й в мережах кабель-

ного телебачення. У висхідних потоках (Upstream, US) від абонентів (довжина хвилі – 1310 нм) усунення колізій здійснюється за рахунок протоколів арбітражу на основі протоколів множинного доступу з часовим розподілом (Time Division Multiplex, TDMA). В них вже реалізовані функції управління смугою пропускання, якістю обслуговування та ін.

При цьому, ефективний спосіб доставки, в тому числі з точки зору вартості, поверх існуючої інфраструктури вимагає IPTV з технологією IP-multicast. IP-multicast дає можливість реплікації одного каналу для кожного глядача, таким чином оптимізуючи ємність обладнання доступу. Однак, зі швидким зростанням відеоконтенту за технологією Over-the-Top (OTT) перевантажується не тільки бізнес відео-сервісів, а ще й мережі. Через те, що OTT – сукупність unicast, неможливо отримати перевагу ефективності IP-multicast. Хоча й немає різниці в швидкості з'єднання у абонента між IPTV- або OTT-відеоканалом, пропускна здатність обладнання мережі доступу значно перевантажується, коли кожен глядач отримує свій власний ексклюзивний відеоканал. Все це спонукає шукати нові варіації підвищення пропускної здатності мереж доступу.

В рамках концепції наступного покоління оптичного доступу (Next Generation Optical Access, NGOA) для існуючих PON передбачено використання технологій, що наведені на рис. 1 [2]. Розробка технологій 10G PON і WDM-PON покликана вирішити питання з обмеженням на обсяги трафіку, що виділяється. Серед основних переваг WDM-PON слід виділити наступні:

- користувачу надається виділена смуга (немає розподілу на конкурентній основі);
- сигнали абонентів фізично ізольовані;
- ефективно використовується ОВ;
- можливе значне збільшення дальності зв'язку (наприклад, використовуючи масиви оптичних хви-

леводів (Arrayed Waveguide Grating, AWG) з низькими втратами замість неефективних з точки зору втрат сплітерів при стандартному для GPON бюджеті у 28 дБ, можна підключати абонентів на відстані близько 80 км).

В цілому, WDM-PON розглядається як довгострокове рішення оптичного доступу.

Дана технологія вже показує високі показники в мобільних додатках (Long Term Evolution, LTE) та додатках масштабу підприємства. З такими характеристиками «швидкість/відстань» оператори мереж

можуть доставляти сервіси GE до підприємства без будь-якого активного обладнання між CO і кінцевим користувачем. Характерними результатами цього є значна економія капітальних і операційних витрат, так як традиційна агрегація та транспортні вузли можуть бути віддаленими в архітектурі мережі, а CO – об'єднані (рис. 2). Для мобільного транзиту LTE малий час очікування WDM-PON і надмірність транспорту, що поєднані в одному обладнанні, представляє дуже цікаве рішення з низькою повною вартістю володіння (Total Cost of Ownership, TCO).

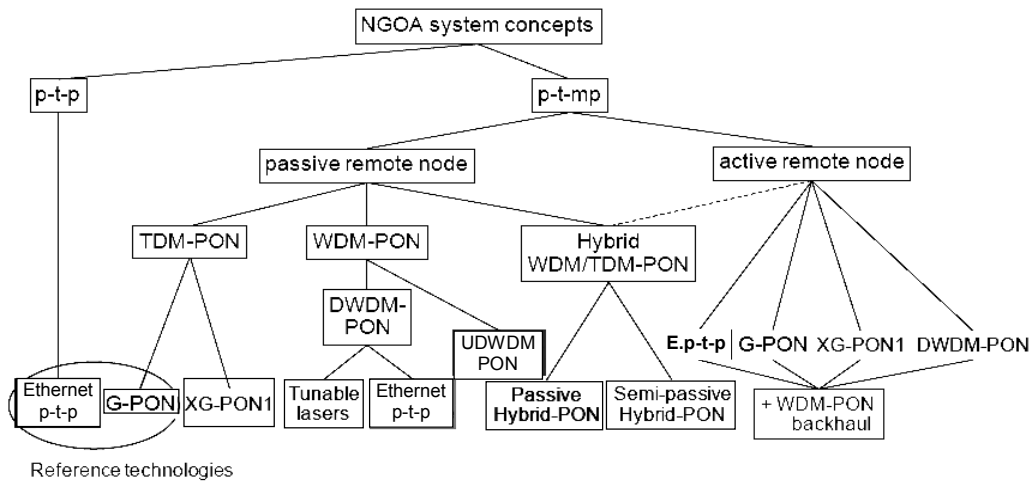


Рис. 1. Концепція систем NGOA

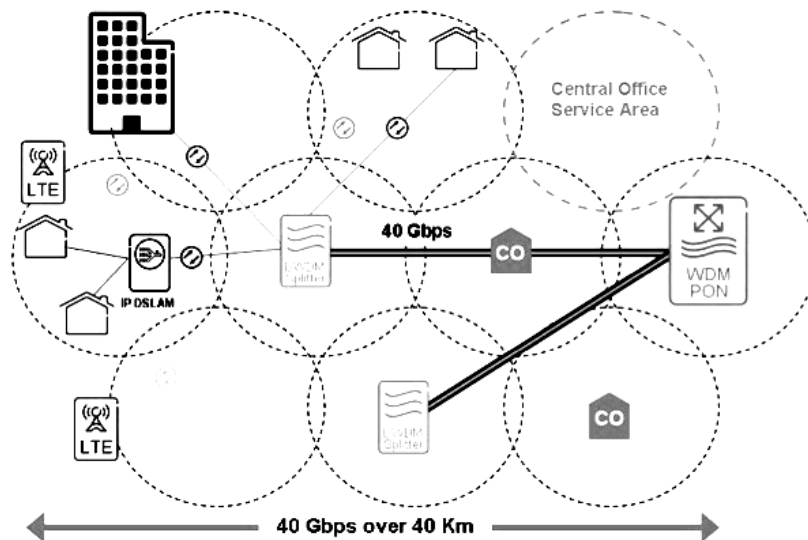


Рис. 2. Розподіл вузлів WDM-PON і консолідація з CO

Для впровадження та управління WDM-PON, придатних для мережного оператора, необхідно застосовувати «безбарвну» технологію WDM-PON. Це дозволяє будь-якому ONT підключитися де б то не було до PON і автоматично налаштуватися на потрібний оптичний канал. На даний час, на розгляді знаходяться три безбарвних технології WDM-PON:

- віддалено відібрана (Remotely Seeded);
- повторне використання довжини хвилі (Wavelength Reuse);
- тунельні лазери.

В свою чергу, організація «Мережа доступу з повнофункціональними послугами» (Full Service Access Network, FSAN) [3] пропонує два шляхи оптимізації: NG PON1 – для нових технологій, що працюють на існуючих оптичних розподільчих мережах (Optical Distribution Network, ODN); NG PON2 – для нових технологій, що працюють на існуючих ODN – як опція. За даними FSAN, проект NG PON2 спирається на наступні реалізації: з 40G TDM – 40G TDM-PON; PON зі спектральним ущільненням (Wavelength Division Multiplex, WDM) – WDM-PON;

з ортогональним частотним ущільненням (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) або варіантом OFDMA (можливість динамічного розподілу несучих підканалів або послуг користувачам) – OFDMA PON, гібридні WDM-PON, наприклад: спільно з 10G TDM.

В ході проведеного аналізу перспективних напрямків створення NGOA основними слід вважати:

– розвиток технологій WDM-OFDM-PON, що забезпечують підвищення швидкості та розширення радіусу покриття TDM-PON до 40-60 км;

– розробка консолідованих конвергентних рішень «радіо поверх оптики», енергопостачання/телекомунікації та ін.

Як зрозуміло, в оптичних телекомунікаційних системах приділяється підвищена увага до OFDM, як засобу подолання різних обмежень волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП), наприклад: вплив хроматичної дисперсії (може викликати міжсимвольну інтерференцію), поляризаційної модової дисперсії, фазової самомодуляції, забезпечення відносної інтенсивності шуму та ін. Тобто, OFDM є гарним кандидатом для підвищення відстані та швидкості передачі. Добре відомий класичний формат

кодування NRZ не може працювати на великих відстанях при швидкості 10 Гбіт/с і вище. А компенсувати хроматичну дисперсію по довжині тракту іноді є економічно недоцільним.

Як відомо [4], при OFDM високошвидкісний інформаційний потік розділяється на множину низькошвидкісних підканалів, які передаються на ортогональних несучих. Варіант схеми формування сигналу OFDM або кодованого OFDM (Coded OFDM, COFDM), що спираються на використання зворотного швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) наведені на рис. 3, рис. 4. Умовою ортогональності підканалів OFDM є збіг несучих з максимумами АЧХ фільтрів, синтезованих на приймальній стороні шляхом операції ШПФ над сигнальної вибіркою. Якщо в якості фізичного каналу виступає оптична несуча, то вона модулюється за інтенсивністю груповим інформаційним сигналом OFDM [5]. На приймальній стороні оптична несуча потрапляє на фотодетектор, на навантаженні якого виділяється електричний сигнал групового потоку, що надходить після підсилення на декодер OFDM.

При цьому, коефіцієнт модуляції оптичного випромінювання залежить від кількості підканалів і зазвичай не перевищує 10%.

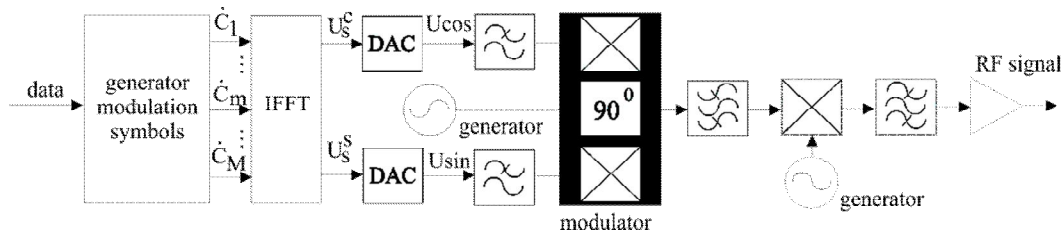


Рис. 3. Схема формування OFDM (COFDM) на передавальній стороні

Електронний пристрій частотного ущільнення та ват-амперна характеристика лазера повинні мати підвищену лінійність в широкому діапазоні рівнів. Згідно [6], розроблені проекти спільного використання DWDM і когерентного оптичного OFDM (CO-OFDM) зі швидкостями 100 Гбіт/с. Такий підхід важливий для майбутніх високошвидкісних ВОСП. В цілому, потенційні можливості OFDM в PON підтверджені низкою проектів, що розглянуті в [6-8 та ін.].

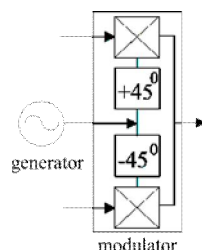


Рис. 4. Модулятор для схеми зі зниженням помилок формування

Таким чином, на підставі проведених досліджень можливо виділити основні варіанти побудови PON на базі конвергентних рішень з OFDM для багатокористувацького доступу:

– OFDMA-PON – різним користувачам призначені різні ортогональні несучі підканалів одного діапазону;

– OFDMA-TDMA-PON – різним користувачам призначені різні ортогональні несучі підканалів і часові інтервали одного діапазону;

– OFDMA-TDMA-WDMA-PON: різним користувачам призначені різні ортогональні несучі підканалів і часові інтервали та довжини хвиль.

Однак, при впровадженні OFDM слід враховувати його недоліки, наприклад: залежність правильного декодування даних від зсуву по частоті, неоптимальне використання частотного діапазону, а також особливості використання ШПФ для формування частотних фільтрів. Основною проблемою використання операції ШПФ, що не згадується в описах стандартів зв'язку на основі OFDM є паразитні фазові викривлення комплексних амплітуд сигналів. Такі викривлення супроводжують ШПФ. При використанні QAM-алгоритмів модуляції вони не дозволяють достовірно декодувати інформацію. Для усунення обмежень OFDM по частотному ущільненню пропонується підхід, що базується на методі неортогональної дис-

кретної частотної модуляції (N-OFDM), при якому, на відміну від OFDM, рознесення частот не прив'язується до максимумів АЧХ фільтрів ШПФ (рис. 5) [9]. Слід звернути увагу на той факт, що такий сигнал при частотному рознесенні підканалів на ширину фільтра ШПФ, він перетворюється в OFDM-сигнал. Для QAM-алгоритмів модуляції несучих підканалів інформація в переданому повідомленні міститься у величині квадратурних складових амплітуд сигналів. В роботі отримана оптимальна за методом максимуму правдоподібності оцінка цих складових і розроблені модифікації N-OFDM, наприклад, без використання ШПФ на приймальній стороні та ін.

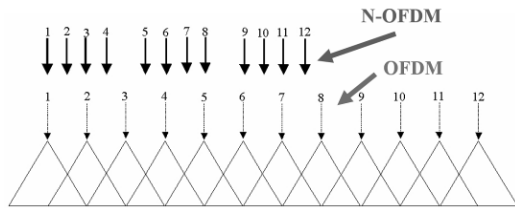


Рис. 5. Компонівка N-OFDM (OFDM) сигнала

В цілому, N-OFDM дозволяє збільшити пропуску здатність оптичного доступу.

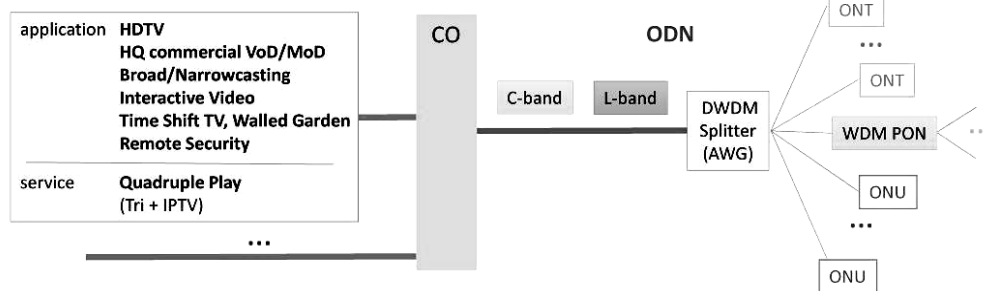


Рис. 7. Варіант гібридної N-OFDM-X-PON

Крім того, підвищення пропускну здатності запропонованої гібридної N-OFDM-X-PON принаймні вдвічі можливе при використанні поляризаційного ущільнення. На даний час, ущільнення потоків інформації за допомогою оптичних несучих, що мають лінійну поляризацію, (Polarization Division Multiplexing, PDM) має обмежене застосування через необхідність відсутності оптичної анізотропії

Враховуючі вище зазначене, пропонується кілька варіантів гібридної N-OFDM-X-PON (де символ «X» – інші технології) з використанням N-OFDM (рис. 6, рис. 7). З метою проведення плавної модернізації або апгрейду, обладнання оптичного лінійного терміналу (Optical Line Terminal, OLT) для формування N-OFDM передбачає режим роботи з OFDM, що забезпечує узгодження з оптичними мережними терміналами (Optical Network Termination, ONT) або оптичними мережними блоками (Optical Network Unit, ONU).

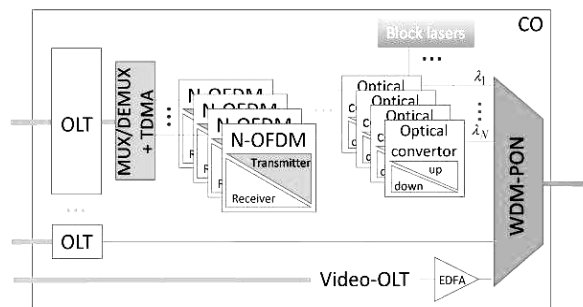


Рис. 6. Структура CO при використанні N-OFDM

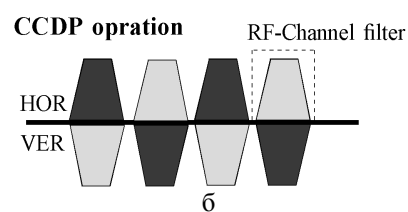
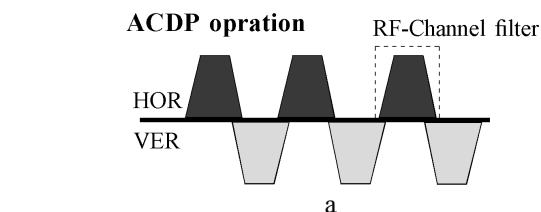


Рис. 8. Методи розстановки частот несучих сигналів подвійної поляризації:

а – на сусідніх частотних каналах (ACDP); б – на суміжних частотних каналах (CCDP)

Метод ACDP (Adjacent Channel Dual Polarized) припускає використання різних частот сигналів (сусідніх або суміжних по частотній сітці) на ортогональній поляризації. Як наслідок, його практична реалізація простіша в технічному та алгоритмічному аспек-

тах, а розв'язка між сигналами різної поляризації додатково підвищується за рахунок частотно-селективної дії амплітудно-частотних характеристик частотних фільтрів. До недоліків ACDP слід вважати не ефективне використання спектрального діапазону,

стикаючись з необхідністю компоновки несучих підканалів N-OFDM (OFDM) в ортогональній поляризації в шаховому порядку. Даного недоліку позбавлений метод підвищення пропускної здатності за рахунок використання поляризаційної розв'язки в одному (суміщеному) частотному каналі (Co-channel Dual Polar system, CCDP). Результативність застосування CCDP багато в чому визначається коефіцієнтом крос-поляризаційної розв'язки (XPD). Проте, навіть, якщо величина відповідного параметра буде недостатньою, проблема мінімізації крос-поляризаційних завад при CCDP може бути успішно вирішена за допомогою введення до складу апаратури спеціальної системи придушення крос-поляризаційної завади (Cross-polarization Interference Cancellation, XPIC). Як наслідок, у разі неможливості компенсувати оптичну анізотропію ОВ, для впровадження PDM доцільно застосувати ACDP з шаховим рознесенням несучих підканалів OFDM величиною половини смуги пропускання радіочастотного фільтра.

Висновки

Таким чином, в рамках концепції NGOA для підвищення пропускної здатності мереж доступу в роботі запропоновано використання конвергентних рішень «радіо поверх оптики» з N-OFDM (OFDM). З одного боку, OFDM є засобом подолання впливу хроматичної дисперсії, міжсимвольної інтерференції, поляризаційної модової дисперсії, фазової самомодуляції, забезпечення відносної інтенсивності шуму та ін. З іншого боку, для усунення обмежень OFDM по частотному ущільненню пропонується підхід, що базується на методі неортогональної дискретної частотної модуляції (N-OFDM). При цьому, можливе впровадження гібридних N-OFDM-X-PON, що базуються на технологіях WDM, N-OFDM (OFDM, OFDMA), TDM та ін. Подальші перспективні дослідження спрямовані на визначення технічних аспектів практичної реалізації запропонованої моделі N-OFDM-X-PON.

ОПТИЧЕСКИЙ ДОСТУП СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОНВЕРГЕНТНЫХ РЕШЕНИЙ

И.И. Слюсарь, В.И. Слюсар, А.П. Ильченко, В.П. Матко

В работе рассмотрена реализация концепции оптического доступа следующего поколения на основе конвергентных решений «радио поверх оптики». Разработана модель гибридной пассивной оптической сети с использованием спектрального уплотнения оптических каналов, по каждому из которых передается радиосигнал на основе ортогональной частотной дискретной модуляции (OFDM). В ходе проведенного анализа вариантов предложенной гибридной пассивной оптической сети, определены недостатки использования OFDM. С целью их устранения и повышения пропускной способности сети, предложено использование метода неортогональной частотной дискретной модуляции (N-OFDM).

Ключевые слова: пассивная оптическая сеть, оптическая распределительная сеть, оптический доступ, DWDM, NGOA, N-OFDM, ODN, OFDM, WDM.

OPTICAL ACCESS NEXT GENERATION CONVERGED SOLUTIONS

I.I. Slyusar, V.I. Slyusar, O.P. Ilchenko, V.P. Matko

The paper deals with the realization of the concept of the next-generation optical access based on convergent solutions "over the radio optics." A model of a hybrid passive optical network using the WDM optical channels, each of which transmits a radio signal based on an orthogonal discrete frequency modulation (OFDM). During the analysis of options offered by hybrid passive optical network, identified disadvantages of using OFDM. In order to eliminate them and improve network capacity, using the method suggested nonorthogonal discrete frequency modulation (N-OFDM).

Keywords: Passive Optical Network, Optical Distribution Network, Optical Access, DWDM, NGOA, N-OFDM, ODN, OFDM, WDM.

Список літератури

1. Воробієнко П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підруч. для ВНЗ [Текст / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: «Самміт-книга», 2010. – 640 с.
2. *Technical Assessment and Comparison of Next-Generation Optical Access System Concepts* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.ict-oase.eu/public/files/OASE_WP4_D4_2_2.pdf. – Дата доступу: 25.02.2015.
3. *Next Generation PON Task Group* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.fsan.org/>. – Дата доступу: 25.02.2015.
4. Слюсар В.И. Неортогональное частотное мультиплексирование (N-OFDM) сигналов. Часть 1. [Текст] / В.И. Слюсар // Технологии и средства связи. – 2013. – № 5. – С. 61-65.
5. Скляр О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи: Уч. пособие. 2-е изд., стер [Текст] / О.К. Скляр. – СПб.: Лань, 2010. – 272 с.
6. *Optical Communication System Design. Coherent Optical OFDM* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://optiwave.com/applications/_coherent-optical-ofdm-2/ – Дата доступу: 25.02.2015.
7. Коврига Е.А. PON – сети нового поколения. Ч. 1. Применение ортогонального частотного мультиплексирования в пассивных оптических сетях / [Електронний ресурс] / Е.А. Коврига. – Режим доступу до ресурсу: http://vsbel.by/File/2011_4/Vols.pdf. – Дата доступу: 25.02.2015.
8. Sanchez C. OFDM-IDMA for Uplink Transmission in Passive Optical Networks / C. Sanchez, B. Ortega, J. Capmany // *IEEE Photonics Journal Volume 4, Number 1, February 2012* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6095575>. – Дата доступу: 25.02.2015.
9. Патент України № 47918А, МПК⁷ Н 04J 1/00. Спосіб частотного ущільнення вузькосмугових інформаційних каналів [Текст] / Слюсар В.І., Смоляр В.Г., Слюсар І.І. – Оубл. 15.07.02, Бюл. №7, 2002.

Надійшла до редколегії 8.05.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаєв, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава.

ПОЛОБЮК <i>Тетяна Анатоліївна</i>	Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, науковий співробітник
ПОНОЧОВНИЙ <i>Юрій Леонідович</i>	Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри
ПРОЦЕНКО <i>Олександр Анатолійович</i>	Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, аспірант
РАСКІН <i>Лев Григорович</i>	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
РЕЗНИКОВ <i>Юрій Вячеславович</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник НЦ ПС
РОМАНЮК <i>Вадим Васильович</i>	Хмельницький національний університет, Хмельницький, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри
РУБАН <i>Ігор Вікторович</i>	Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, доктор технічних наук, професор
РУККАС <i>Кирило Маркович</i>	Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, ІгпІН технічних наук, доцент, доцент кафедри
РЯБУХА <i>Юрій Миколайович</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук
САЙКІВСЬКА <i>Лілія Федорівна</i>	Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
САМІТОВА <i>Вікторія Олександрівна</i>	Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, аспірант
СЕРГУНОВА <i>Олександра Вадимівна</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, здобувач
СІРА <i>Оксана Володимирівна</i>	Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, доктор технічних наук, доцент, професор кафедри
СЛОБОДЯНЮК <i>Валерій Валерійович</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, ад'юнк
СЛЮСАР <i>Вадим Іванович</i>	Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, доктор технічних наук, професор, професор кафедри
СЛЮСАРЬ <i>Ігор Іванович</i>	Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри
СМЕЛЯКОВ <i>Сергій Вячеславович</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри
СМІРНОВ <i>Антон Олександрович</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, начальник відділення кафедри
СОЛОВЙОВА <i>Ольга Ігорівна</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
СТЕПАНЕНКОВ <i>Микола Михайлович</i>	Командування Повітряних Сил, Вінниця, командир в/ч А0201р
ТВОРОШЕНКО <i>Ірина Сергіївна</i>	Харківський національний університет міського господарства ім. А.Н. Бекетова, Харків, кандидат технічних наук, доцент кафедри
ТИМОЧКО <i>Олександр Іванович</i>	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник НДВ НЦ ПС
ТУЙЧИЄВ <i>Гулом Нумонович</i>	Національний університет Узбекистану, Ташкент, кандидат технічних наук, викладач
ХАРЧЕНКО <i>В'ячеслав Сергійович</i>	Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
ХОДИРСЬВ <i>Олександр Іванович</i>	Харківський інститут банківської справи Університету банківської справи Національного банку України, Харків, старший викладач кафедри
ШАБАНОВ-КУШНАРЕНКО <i>Сергій Юрійович</i>	Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник кафедри
ШЕВКУН <i>Сергій Миколайович</i>	ДП «Укрметртестстандарт», Київ, начальник науково-дослідного відділу
ШЕВЧЕНКО <i>Роман Іванович</i>	Національний університет цивільного захисту України, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, докторант
ШИШАЦЬКИЙ <i>Андрій Володимирович</i>	Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ, молодший науковий співробітник
ШКОРІНА <i>Юрій Миколайович</i>	Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, асистент
ШМАТКОВ <i>Сергій Ігорович</i>	Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
ШУЛЯК <i>Михайло Леонтіювич</i>	Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, Харків, кандидат технічних наук, доцент

Алфавітний покажчик

Бабак С.В.	190	Калкаманов С.А.	50	Полобюк Т.А.	41
Баленко О.І.	55	Карлов Д.В.	33	Поночовний Ю.Л.	122
Бараннік В.В.	148	Кірвас В.А.	210	Проценко О.А.	128
Барашев К.С.	210	Кожухівський А.Д.	128	Раскін Л.Г.	93
Белій В.В.	65	Козел Р.Д.	213	Резніков Ю.В.	33
Близнюк О.Д.	6	Козлов Ю.Ю.	77	Романюк В.В.	98
Блюма А.В.	128	Красильніков О.І.	41	Рубан І.В.	132
Богданов О.В.	11	Курцева Л.Б.	45	Руккас К.М.	164
Бондаренко М.А.	154	Куц В.Ю.	6	Рябуха Ю.М.	148
Боярчук А.В.	122	Куц Ю.В.	6	Сайківська Л.Ф.	178
Бровко К.Ю.	15	Кучук Н.Г.	195	Самігова В.О.	107
Буданов П.Ф.	15	Лебедь В.Г.	50	Сергунова О.В.	80
Бударецький Ю.І.	20	Лемешко Т.А.	186	Сіра О.В.	93
Бурковський В.С.	132	Лещинська І.О.	213	Слободянюк В.В.	62
Величко О.М.	25	Лещинський В.О.	213	Слюсар В.І.	169
Вовченко В.С.	159	Ліпчанський М.В.	59	Слюсарь І.І.	169
Воробйов Є.В.	80	Лосєв Ю.І.	164	Смеляков С.В.	132
Воронько В.В.	29	Малишко Ю.М.	164	Смірнов А.О.	132
Гейко Г.В.	59	Мамедов А.О.	174	Соловійова О.І.	182
Глухова Н.В.	195	Матько В.П.	169	Степаненков М.М.	33
Горбов О.М.	201	Мгеброва В.Р.	65	Творошенко І.С.	65
Громико І.О.	111	Мезенцев М.В.	59	Тимочко О.І.	80
Деденок В.П.	33	Можасв О.О.	55	Туйчиєв Г.Н.	136
Дідук В.А.	37	Монченко О.В.	6	Харченко В.С.	122
Дубницький В.Ю.	83	Немкова О.А.	118	Ходирєв О.І.	83
Дяченко А.Ю.	115	Новикова О.О.	201	Шабанов-Кушнарєнко С.Ю.	174
Єрьоміна Н.С.	45	Носков В.І.	59	Шевкун С.М.	25
Жилін В.А.	154	Олійник Ю.А.	6	Шевченко Р.І.	204
Журавський М.М.	33	Олоту Олуватосин Д.	164	Шишацький А.В.	71
Льченко О.П.	169	Павленко М.А.	80	Шкоріна Ю.М.	45
Іохов О.Ю.	201	Пісоцька Л.А.	195	Шматков С.І.	164
Калиниченко О.В.	213	Пічугін М.Ф.	33	Шуляк М.Л.	77

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 7 (132)

Відповідальна за випуск *Н.О. Королюк*

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 9500 від 13.01.2005 р.

Комп'ютерна верстка: *В.В. Кірвас*

Оформлення обкладинки: *І.В. Льїна*

Техн. редактор *В.В. Кірвас*

Коректор *Н.К. Гур'єва*

Підписано до друку 23.06.2015	Формат 60×84/8	Папір офсетний	
Гарнітура «Times New Roman»	Друк – різнограф	Ум.-друк. арк. – 27,5	Обл.-вид. арк. – 25,58
Ціна договірної	Наклад 150 прим.	Зам. 623-15	

Видавництво Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 2535 від 22.06.2006 р.
Адреса видавництва: 61023, Харків-23, вул. Сумська, 77/79

Віддруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В.В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 2480000000106167 від 08.01.2009.

61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 778-60-34
e-mail: bookfabrik@rambler.ru