

УДК 004

М.Чех, магістр гр. КІ-22МЗ,

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ СТРУКТУРИ ЦЕНТРІВ ОБРОБКИ ДАНИХ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ DCIM

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. Об'єктом дослідження є процес розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. Предметом дослідження є методи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. Методи дослідження базуються на методах хмарних технологій, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Існуючі ще пару років тому тільки лише на слайдах презентацій, сьогодні рішення Data Center Infrastructure Management використовуються в усі більшому числі центрів обробки даних. Каталізаторами стрімкого зростання інтересу до цих рішень стали настільки ж що швидко набирають популярність віртуалізація й хмарні обчислення. ЦОД стає усе більше динамічним середовищем, для керування якої просто необхідні комплексні системи, що охоплюють як IT, так і інженерну інфраструктуру. Саме такими і є продукти DCIM.

Навіть по самих скромних оцінках, представленим IDC, у найближчі кілька років ринок систем і сервісів DCIM буде рости щорічно на 25%, що дуже непогано у світі зі стагнуючою економікою.

Сьогодні про DCIM говорять усе: від виробників монтажних стійок і шаф, що оснащують їхніми датчиками температури й вологості, до постачальників комплексних інженерних рішень і IT-комплексів. Виниклі на стику систем керування IT, з одного боку, і засобів керування інженерними системами, з іншої, рішення DCIM характеризуються широким набором функцій по моніторингу, інвентаризації, активному керуванню, оптимізації й т.д. Але єдиного загальноприйнятого визначення поки не вироблено, що й залишає можливість великій кількості компаній зараховувати свої продукти до категорії DCIM.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM.
- Дослідження системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM.

– Програмна реалізація системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM.

Об'єктом дослідження є процес розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM.

Предметом дослідження є методи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM.

Методи дослідження базуються на методах хмарних технологій, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Центр обробки даних є "серцем" організації. Дані, що зберігаються в ньому, і ресурси використовуються персоналом, партнерами й клієнтами для того, щоб успішно творити, співробітничати й взаємодіяти. Широке поширення Інтернет-технологій в останнє десятиліття сприяло підвищенню стратегічного значення центра обробки даних за рахунок підвищення продуктивності, поліпшення бізнес-процесів і прискореного здійснення змін. Центри обробки даних є важливими стратегічними пунктами в програмі розвитку ІТ, спрямованої на підвищення ефективності, відказостійкості й здатності до реагування додатків і інформації, від яких залежить успішність бізнесу.

Прагнучи досягти цих цілей, менеджери центрів обробки даних зустрічаються з рядом проблем. Останнє десятиліття стало для більшості центрів обробки даних часом швидкого росту, що пояснюється загальним підйомом економіки. При цьому розгортання додатків відбувалося в неефективно використовуваній інфраструктурі, що складається з розрізнених компонентів – у типовому центрі обробки даних доводилося забезпечувати підтримку для великої кількості різноманітних операційних систем, комп'ютерних платформ і систем зберігання даних. У зв'язку з малими можливостями спільного використання ізольованих компонентів цієї інфраструктури ступінь їхнього завантаження була, як правило, нижче передбачуваної, операційні витрати – високими, а ресурси не можна було швидко перенацілити для відповідності вимогам, що змінилися.

Відповідно до оцінок аналітиків (Gartner), 70% і навіть більша частина ІТ-бюджетів витрачається аж ніяк не на стратегічне фінансування нових проєктів. Ці засоби йдуть на обслуговування існуючої інфраструктури. Аналітики пророкують, що не менш половини великих центрів обробки даних перетерплять істотну реконструкцію з метою рішення зазначених проблем. ІТ-організації повинні підвищувати ефективність і ступінь використання ресурсів центрів обробки даних, одночасно вивільняючи засобу для реалізації нових прибуткових проєктів. У той же час менеджери центрів обробки даних мають потребу в відказостійкій інфраструктурі, що забезпечила б захист додатків і сервісів від перебоїв і атак, не збільшуючи при цьому ризику.

Загальна тенденція полягає в простій консолідації інфраструктури, її укрупненні, однак багато які ІТ-організації розуміють, що таке рішення забезпечує лише тимчасову вигоду. Для рішення базових проблем необхідна поступова еволюція до принципово нової архітектури центра обробки даних, що забезпечує стійку й рентабельну інтеграцію поточних змін у технологіях комп'ютерних систем, систем зберігання даних, мереж і додатків.

Центр обробки даних всі частіше сприймається як унікальний і коштовний ресурс, що є стабільною основою, що дозволяє інфраструктурі ІТ-організації виконувати варті перед нею завдання. Мережа має безліч достоїнств, забезпечуючи, наприклад, повсюдне поширення, прозорість, масштабованість і орієнтацію на стандарти, і це робить її ідеальною платформою для розміщення сервісів інфраструктури (сервісів міжмережних екранів, захисту від вторгнень, реплікації даних, резервного копіювання без участі серверів і віртуалізації систем зберігання даних), що надає можливість поступового розгортання й розширення відповідно до зростаючих вимог.

Архітектура ЦОД дає компаніям можливість поступово й з низькими витратами створити більше динамічну, маневрену й віртуалізовану інфраструктуру, що дозволяє скористатися оптимальними методиками, що керують принципами й схемами, які перевірені

лабораторно й у ході тисяч практичних реалізацій, а також зберегти інвестиції в існуючі мережі й використовувати досвід роботи з ними.

Завдяки рішенням ЦОД, у яких застосовуються новітні технології консолідації, віртуалізації й автоматизації, ІТ-організації можуть перетворити свої ресурси, що використовуються для обчислень і зберігання даних, з розрізнених монолітних систем у сервіс-орієнтовані пули спільно використовуваних стандартизованих компонентів, що підтримують динамічну агрегацію, конфігурування й доступ по інтелектуальній мережі. Це дозволяє ІТ-організаціям вирішити багато операційних проблем, які коштують зараз перед центрами обробки даних:

- Оптимальне використання ресурсів серверів і систем зберігання даних.
- Реалізація комплексних рішень безпеки.
- Збільшення числа серверів.
- Відповідність вимогам регулювальних органів.
- Забезпечення безперервності бізнесу.
- Обмеження систем живлення й охолодження.

Метою є створення маневреної інфраструктури, що допомагає компаніям щонайкраще погодити ІТ-ресурси й бізнеси-пріоритети, забезпечуючи:

– **Зниження сукупної вартості володіння:** дозволяє ІТ-організаціям значно знизити капітальні витрати за рахунок консолідації й більше ефективного використання раніше розділених ресурсів, операційні витрати – завдяки спрощенню й автоматизації адміністративних операцій, а також витрати на охолодження й електроживлення.

– **Підвищення маневреності бізнесу:** дозволяє ІТ-організаціям динамічно реагувати на мінливі вимоги бізнесу завдяки можливості швидкого конфігурування сервісів додатків і інфраструктури, що входять до складу спільно використовуваних пулів консолідованих обчислювальних і мережних ресурсів, а також систем зберігання. Це сприяє оптимізації операційних процедур і керуванню на основі політик.

– **Підвищення відказостійкості бізнесу:** дозволяє ІТ-організаціям забезпечувати захист від перебоїв і атак, захищаючи інфраструктуру, додатки й дані зі збереженням максимальної доступності, безпеки повсюдно розповсюджених систем і безперервності бізнесу.

– **Підвищення рівня обслуговування:** дозволяє ІТ-організаціям оптимізувати якість обслуговування, надаючи можливість захищеного й швидкого доступу в будь-який час і з будь-якої крапки до додатків центра обробки даних і інформації, що зберігається в ньому.

Узяті разом, ці можливості забезпечують підтримку безперервних інновацій у центрі обробки даних, дозволяючи компаніям вирішувати поточні й віддалені завдання, і створюючи надійну основу для подальшої еволюції інфраструктури такого центра.

Базовий функціональний блок DCIM

Базовий функціональний блок будь-якої системи DCIM, навіть якщо до цього класу її відносить тільки сам постачальник (і вона не входить у список IDC), – це моніторинг. У першу чергу відслідковуються всі важливі характеристики й події в обчислювальному залі. Температуру й вологість вимірюють відповідні датчики, які можуть бути встановлені усередині шафи, у закритому коридорі, під фальшполом, в інших відповідальних місцях у залі. За збір інформації з енергоспоживання на рівні стійки звичайно відповідають інтелектуальні блоки розподілу живлення (PDU). У деяких реалізаціях датчики температур і вологості підключаються безпосередньо до таких блоків. Центральний вузол системи моніторингу, наприклад шлюз Unified Management Gateway у системі Trellis (Emerson Network Power) або StruxureWare Data Center Expert у системі StruxureWare (Schneider Electric), агрегує всі дані про фактичне положення дів і направляє їх наверх – у ПЗ керування для подальшого аналізу. Вище названі лише основні датчики/вимірники: температури, вологості, показників енергоспоживання (робоча напруга, струм, навантаження на кожен розетку PDU). Крім них, у системі DCIM може використовуватися величезне число інших датчиків, лічильників і сенсорів, що фіксують, наприклад, задимленість, протікання, тиск

повітря під фальшполом або у повітряводі, швидкість повітряного потоку, відкриття або закриття дверей шафи й т.п. Крім того, станції моніторингу можуть одержувати інформацію від самого інженерного встаткування, наприклад від кондиціонерів, ДПЖ, дизельгенераторів і т.д., використовуючи стандартні протоколи на зразок SNMP або Modbus. Одержання даних від систем, що перебувають за межами обчислювальних залів, важливо, наприклад для обчислення показника енергоефективності PUE. Окремого згадування гідна така функція, як автоматичне визначення фізичного місця розташування встаткування в ЦОД, якщо говорити точніше, те номери юніта в стійці, де встановлений конкретний сервер. Дотепер інвентаризація звичайно виконується вручну: на предмети наклеюють ідентифікаційні бирки, а дані заносять у таблицю Excel або будь яку базу даних. Навіть «більші гравці» в області DCIM поки скептично відносяться до автоматизації даного процесу. Це поки ще рідкий і досить дорогий функціонал, де механічний варіант «бореться» з бездротовим, але в майбутньому, швидше за все, він буде частиною будь-якої великої системи DCIM. У цей час один зі способів рішення обкатується разом з Trellis Кроком уперед на шляху автоматизації процесу інвентаризації є використання штрихкодів. Визначення місця розташування за допомогою сканування штрихкодів реалізовано в системі PIM компанії Panduit. Цей напівавтоматичний спосіб дозволяє прискорити інвентаризацію й протоколювати зміни. Як нас повідомили в компанії, робота над автоматичним розпізнаванням ведеться. Вирішити це завдання дозволяє технологія RFID, що використана в системі динамічного контролю стійки Rittal DRC. Вона складається з антени RFID на всю висоту стійки, RFID-Ярликів для встаткування 19" і контролера для інтеграції в систему моніторингу. З її допомогою можливе визначення розташування компонентів у стійках з точністю до 1/3 юніта. С кожним ярликом RFID зіставляється певна одиниця встаткування, і, таким чином, установка й видалення встаткування в стійках автоматично реєструються в системі керування інфраструктурою ЦОД. Додатковою перевагою системи DRC є її простий монтаж у стійку TS IT. Можлива установка у вже укомплектовану стійку. Пропонується встановлювати в шафу сенсорну планку, до якої за допомогою магніту приєднувати ідентифікаційні теги – смужки пластику з металевим наконечником, де перебуває ідентифікаційний чип (64-розрядний ID). Перед установкою до нового пристрою прикріплюють ідентифікаційний тег і заносять інформацію про нього в базу даних, після чого все готово для відстеження місцезнаходження даного активу в ЦОД – при установці встаткування в стійку тег просто приєднується до планки. Над кожним магнітним з'єднувачем перебувають три індикатори LED, завдяки яким технік довідається, чи правильно він виконав операцію. Однієї з функцій блоку моніторингу є видача попереджень або сигналів тривоги у випадку перевищення тим або іншому параметру встановленого порога або настання певної події. Типові приклади – неприпустиме підвищення температури/вологості усередині шафи, несанкціоноване спрацьовування датчиків відкривання дверей, фіксування задимленості. Попередження можуть доводити до відомості персоналу служби експлуатації самими різними способами: від звукової сигналізації або світлової індикації безпосередньо в серверному залі до пересилання повідомлень по електронній пошті або SMS на робоче місце адміністратора. Формовані системами керування повідомлення можуть служити командами на зміну режимів роботи інженерного встаткування – наприклад, на регулювання характеристик роботи системи охолодження й формування потоків охолодного повітря (скажемо, підвищення швидкості обертання вентилятора) на підставі даних про зміну параметрів робітничого середовища. Можливості подібного регулювання убудовані в сучасне інженерне встаткування й реалізуються його контролерами. Більше того, ті ж кондиціонери самі оснащуються різними датчиками й можуть вирішувати такі завдання без якихось додаткових систем керування. Користь від DCIM у тім, що вони забезпечують загальну платформу моніторингу й можливість більше інформативного ухвалення рішення. На думку експертів компанії The 451 Group, можливості реактивного керування реалізовані в представлені на ринку продуктах на 80%. А от рівень реалізації проактивного керування набагато нижче – усього 30%. Таке керування припускає аналіз зібраної статистики й прогнозування тенденцій зміни

навантаження з видачею рекомендацій з необхідних дій. У ході аналізу повинні враховуватися дані по зміні енергоспоживання, температурного поля, рівня завантаження кабельної системи й т.п. Подібний функціонал у тім або іншому ступені реалізований в DCIM ведучих постачальників. Для оцінки поточної ефективності ЦОД і планування його подальшого розвитку надзвичайно корисний розрахунок інженерних макропараметрів, скажемо коефіцієнта енергоефективності PUE. Подібний функціонал є в системах провідних постачальників. Для більш точного обчислення PUE дані по енергоспоживанню бажано вимірювати якнайближче до кінцевого встаткування, наприклад у встановлені в шафах блоках PDU. Чим більше елементів ЦОД будуть постачені датчиками енергоспоживання, тим простіше буде виявити найбільш проблемні ділянки, що дозволить виробити рекомендації зі зниження енергоспоживання. На практиці саме відсутність належного числа датчиків енергоспоживання утрудняє точний розрахунок PUE. Дане завдання ускладнюється тим, що в сучасному ЦОД майже мало датчиків поза шафами, навіть у самій апаратній залі. Точність подібних систем і, відповідно, видаваних ними рекомендацій об'єктивно буде мала через брутальність самої розрахункової моделі.

Розробка структурної схеми

Вище рівня проактивного керування в ієрархії функціональних рівнів DCIM, запропонованої експертами, розташовується рівень оптимізації. Ключовим функціоналом цього рівня є інтеграція засобів керування інженерним устаткуванням і IT-системами. Така інтеграція дозволяє при зміні стану інженерних систем (проблеми з електроживленням, перегрів шафи та ін.) ініціювати зміни в IT-середовищі. Платформа керування інфраструктурою ЦОД може обмінюватися даними із системами IT-керування (наприклад, System Center Operations Manager компанії Microsoft) і прямо впливати на готовність окремих додатків.

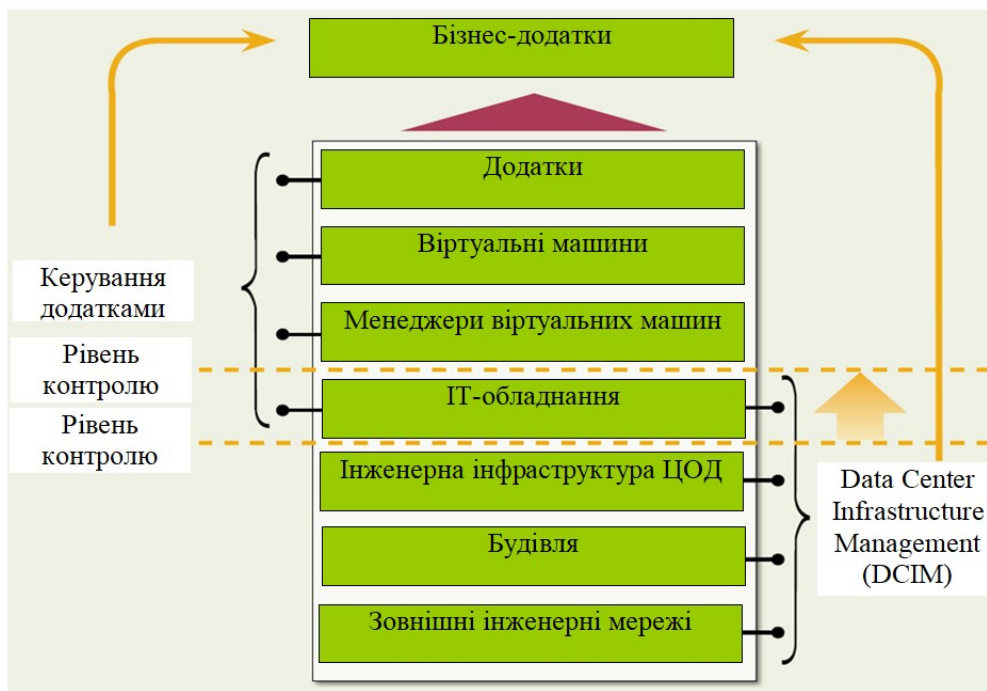


Рисунок 1 – Структурна схема системи

Системою DCIM підтримується можливість перекладу віртуальних машин із проблемної зони (стійки) ЦОД у нормально функціонуючу. Цей функціонал забезпечується шляхом взаємодії з диспетчерами віртуальних машин Microsoft VMM і VMware vSphere. Багатий функціонал по підтримці віртуалізованих середовищ Microsoft і VMware реалізувала в рішенні Intelligent Power Manager (IPM). Хоча по функціональних можливостях IPM не тільки не уступає, але навіть і перевершує продукцію деяких «постачальників систем

DCIM». Для систем DCIM підтримка автоматичної міграції віртуальних серверів – справа найближчого майбутнього. У випадку виникнення проблем, які можуть торкнутися підзвітні їм ресурси. У системі можна бачити, які саме віртуальні сервери можуть постраждати від потенційних проблем. Як вважають експерти, за станом на 2023 рік функціонал оптимізації в системах DCIM був реалізований усього на 5%. За рік бурхливого розвитку цього ринку рівень реалізації, мабуть, підвищився, але однаково він ще дуже далекий від абсолютного. Верхній рівень в ієрархії функціонала DCIM одержав назву «автопілот», а його ступінь зрілості визначається як «0%». По суті, він означає можливість автоматичної перебудови ІТ-систем (наприклад, уже згаданий переїзд віртуальних машин на інші сервери або навіть в інший ЦОД) залежно від змін в інженерних системах і навпаки – підстроювання інженерних систем з урахуванням вимог з боку ІТ (скажемо, підвищення швидкості подачі холодного повітря в стійку при додаванні в неї нового сервера або збільшенні числа віртуальних машин у ній). Подібна автоматизація – справа майбутнього, хоча частково необхідний функціонал для цього вже реалізований. Строк окупності систем класу DCIM, дуже сильно залежить від завдань ЦОД. Для деяких ЦОД окупність наступить дуже швидко або при першій же неполадці, а для інших може не наступити ніколи. Крім того, це залежить від того, наскільки повну систему встановлювати. Скажемо, у хмарних ЦОД не має змісту контролювати з'єднання, а от температуру й енергоспоживання – необхідно, тому що це дозволяє забезпечити оптимальний коефіцієнт PUE. Для резервного ЦОД состав системи DCIM буде зовсім іншим. Оцінюється вартість системи DCIM для корпоративних ЦОД в 1800 доларів на стійку – у цю суму входить вартість повнофункціонального ПЗ й пристрою збору даних (StruxureWare Data Center Expert), а також робіт із впровадження, налагодження й супроводу системи протягом одного року. Це приблизно 1,2% від витрат (теж у перерахуванні на стійку) на будівництво ЦОД і оснащення його інженерними системами. У випадку комерційних ЦОД, які будуються для надання послуг з розміщення ІТ-устаткування (co-location), що відповідає частка ледве вище – 2,2%. Але в обох випадках, як вважають експерти Schneider Electric, витрати на DCIM більш ніж виправдані. Системи DCIM не є винаходом останнього часу, але в Україні інтерес до них став проявлятися не дуже давно, оскільки саме зараз з'явилася критична маса інфраструктурних проєктів з більшим числом устаткування (ЦОД від 200 стійок), де фактор експлуатаційних витрат придбав істотне значення. До цього в нас були продажу великим клієнтам деяких компонентів DCIM, але протягом останнього року ми спостерігаємо різкий ріст інтересу до комплексних багатомодульних систем. Думаю, що 2024 рік буде переломним, коли великий бізнес перейде від планування до впровадження систем DCIM.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM; Досліджена система розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання розробки структури центрів обробки даних на основі технології DCIM. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

2. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.
3. Smirnova, T., Gnatyuk, S., Yudin, O., Sydorenko, V., Polozhentsev, A., «The Model for Calculating the Quantitative Criteria for Assessing the Security Level of Information and Telecommunication Systems». *CEUR Workshop Proceedings Volume 3156*, 2022, Pages 390-399.
4. Smirnova T., Gnatyuk S., Berdibayev R., Avkurova Zh., Iavich M. «Cloud-Based Cyber Incidents Response System and Software Tools». *Communications in Computer and Information Science*, 2021, vol 1486. Springer, Cham. pp 169-184.
5. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740*, 2020, Pages 102-114.
6. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». *Journal of theoretical and applied information technology* Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.
7. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». *2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.
8. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) *Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.
9. Smirnov, O., Markovets, O. Vovk, N., Turchyn, Y., «Model of informational support for social network administrators' content creation». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2616*, 2020, Pages 125-136.
10. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2616*, 2020, Pages 366-379.
11. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», *CEUR Workshop Proceedings Volume 2608*, 2020, Pages 633-645.
12. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». *International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019*; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
13. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». *International Journal of Computing*; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
14. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
15. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyz, M., «QoE optimization technique for media delivery in 5G networks». *2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019. P.597-601.
16. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». *CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588*, P. 90-106, 2019.
17. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019*, P. 395-399.
18. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kiian, A., Zamula, A., Rudenko, S., Hryhorenko, V., «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 353-358.
19. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.
20. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings Volume 2353*, *CEUR Workshop Proceedings 2019*, Pages 618-629.
21. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.*