

УДК 004

**Б.Турик, магістр гр. КІ-24М,***Центральноукраїнський національний технічний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ МЕРЕЖІ NUAGE NETWORKS

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи віртуалізації мережі Nuage Networks. Метою розробки є дослідження та принципи побудови системи віртуалізації мережі Nuage Networks. Об'єктом дослідження є процес віртуалізації мережі Nuage Networks. Предметом дослідження є методи віртуалізації мережі Nuage Networks. Методи дослідження базуються на методах теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

### **віртуалізація мережі, Nuage Networks**

**Постановка проблеми.** Віртуалізація мережі – це процес створення віртуальної версії мережі, включаючи апаратні та програмні компоненти. Вона дозволяє користувачам створювати, розгортати та керувати мережами у віртуальному середовищі.

Віртуалізацію мережі можна використовувати для різних цілей, включаючи тестування нових мережевих проєктів, моделювання різних мережевих середовищ та навчання співробітників новим мережевим технологіям.

Це також дозволяє мережевим адміністраторам ефективніше керувати кількома мережами, зменшуючи витрати та підвищуючи ефективність. Крім того, віртуалізацію можна використовувати для покращення масштабованості, доступності та безпеки мережі.

Віртуалізація – це технологія, яка дозволяє кільком віртуальним серверам працювати на одному фізичному сервері, що максимізує використання ресурсів та гнучкість, дозволяючи створювати ізольовані віртуальні середовища, що підвищує безпеку та спрощує розгортання та управління програмами.

Хмарні обчислення – це технологія, яка дозволяє користувачам отримувати доступ до даних, програм та обчислювальних ресурсів через Інтернет. Замість того, щоб покладатися на фізичні сервери чи обладнання, хмарні обчислення спираються на мережу віддалених серверів, розміщених в Інтернеті.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-30] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження та принципи побудови системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

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

- Огляд існуючих систем віртуалізації мережі Nuage Networks.
- Дослідження системи віртуалізації мережі Nuage Networks.
- Програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

*Об'єктом дослідження* є процес віртуалізації мережі Nuage Networks.

*Предметом дослідження* є методи віртуалізації мережі Nuage Networks.

*Методи дослідження* базуються на методах теорії побудови комп'ютерних мереж, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

**Виклад основного матеріалу.** Віртуалізація – це ключова технологія хмарних обчислень, яка дозволяє запускати кілька віртуальних машин (ВМ) на одній фізичній машині, що дозволяє краще використовувати доступні ресурси. Це дає організаціям змогу знизити витрати, підвищити ефективність та покращити гнучкість. Крім того, це забезпечує кращу масштабованість та можливість швидко видавати нові ресурси за потреби.

#### **Огляд технологій віртуалізації та їх ключових компонентів**

Існує кілька типів технологій віртуалізації, включаючи віртуалізацію серверів, віртуалізацію робочих столів, віртуалізацію сховищ даних, віртуалізацію програм та віртуалізацію мережі. Ключові компоненти віртуалізації включають гіпервізор, який відповідає за керування та розподіл апаратних ресурсів між віртуальними машинами, віртуальну машину, яка є програмним представленням фізичної машини, та програмне забезпечення для керування віртуалізацією, яке надає інструменти для керування віртуальними машинами та моніторингу їх.

#### **Переваги віртуалізації в традиційних обчислювальних середовищах**

Однією з найважливіших переваг віртуалізації є можливість максимального використання апаратних ресурсів. Запускаючи кілька віртуальних машин (ВМ) на одному фізичному сервері, організації можуть зменшити витрати на обладнання та підвищити свою ефективність. Крім того, віртуалізація спрощує управління ресурсами, включаючи можливість розподіляти та перерозподіляти ресурси за потреби. Це може призвести до швидшого впровадження нових послуг і програм, а також до ефективнішого використання існуючої інфраструктури.

#### **Роль віртуалізації в хмарних обчисленнях**

Віртуалізація – це основна технологія, яка забезпечує роботу хмарної інфраструктури. Вона дозволяє кільком віртуальним машинам працювати на одному фізичному сервері, що максимізує використання обладнання та знижує витрати. Крім того, віртуалізація забезпечує ізоляцію між віртуальними машинами, гарантуючи, що одна віртуальна машина не заважатиме іншій. Це підвищує безпеку та дозволяє робочим навантаженням з різними вимогами співіснувати на одному фізичному сервері.

#### **Як віртуалізація забезпечує ефективне використання ресурсів у хмарі?**

Кожна віртуальна машина працює незалежно, з власною операційною системою та програмами, і ізольована від інших віртуальних машин. Це забезпечує гнучкість, масштабованість та економічну ефективність для хмарних обчислень. Крім того, віртуалізація дозволяє легко мігрувати віртуальні машини між фізичними серверами, що дозволяє динамічно розподіляти ресурси та балансувати навантаження.

#### **Масштабованість та еластичність, досягнуті завдяки віртуалізації в хмарі**

Еластичність забезпечує автоматичне масштабування ресурсів відповідно до робочого навантаження, оптимізуючи ефективність та знижуючи витрати. Ці переваги дозволяють створювати кілька віртуальних машин на одному фізичному сервері. Це дозволяє компаніям адаптуватися до змінних потреб та максимізувати рентабельність інвестицій.

#### **Віртуальні машини в хмарних середовищах**

У хмарних обчисленнях віртуальні машини є важливими, оскільки вони забезпечують гнучку та масштабовану інфраструктуру для економічно ефективного запуску програм. Віртуальні машини також дозволяють легко мігрувати програми між різними хмарними постачальниками в багатохмарних середовищах, що полегшує для компаній вибір найкращого хмарного рішення для їхніх потреб. Загалом, виділення ресурсів та керування хмари революціонізують обчислювальний підхід.

Віртуальні машини стали популярною технологією, що дозволяє легко масштабувати віртуальні машини завдяки швидкому розгортанню та налаштуванню змінних вимог. Вони забезпечують високий рівень ізоляції між різними програмами та користувачами на одному фізичному сервері, підвищуючи безпеку та зменшуючи ризик витоку даних.

Віртуальні машини дозволяють користувачам запускати кілька операційних систем на одному фізичному сервері, що підвищує гнучкість та ефективність. Крім того, віртуальні машини сприяють аварійному відновленню та забезпеченню безперервності бізнесу, дозволяючи легко створювати резервні копії та відновлювати віртуальні машини. Загалом, використання віртуальних машин у хмарних обчисленнях може сприяти економії коштів, підвищенню продуктивності та підвищенню безпеки.

### **Гіпервізори: ключові фактори віртуалізації в хмарі**

Гіпервізори – це програмне забезпечення, яке дозволяє створювати та керувати віртуальними машинами у віртуалізаційних та хмарних середовищах. Основне призначення гіпервізорів – дозволити кільком віртуальним машинам працювати на одній фізичній машині, кожна з яких має власну операційну систему та програми. Центри обробки даних та хмарні обчислення використовують гіпервізори для оптимізації використання ресурсів та спрощення управління та масштабування ІТ-інфраструктури.

Існує два основних типи гіпервізорів: Тип 1 та Тип 2. Гіпервізори *Tiny 1* працюють безпосередньо на обладнанні хоста, а віртуальні машини працюють поверх них. Вони також відомі як гіпервізори без вбудованого обладнання. Гіпервізори *Tiny 2*, навпаки, працюють поверх операційної системи, а віртуальні машини працюють поверх них. Вони також відомі як розміщені гіпервізори.

Тип 1 зазвичай використовується в корпоративних середовищах для віртуалізації серверів. Прикладами гіпервізорів типу 1 є VMware ESXi, Microsoft Hyper-V та Citrix Hypervisor.

Гіпервізори типу 2 зазвичай використовуються для віртуалізації робочих столів. Прикладами гіпервізорів типу 2 є Oracle VirtualBox, VMware Workstation та Parallels Desktop.

### **Як гіпервізори забезпечують ефективне управління та розподіл ресурсів у хмарі?**

Гіпервізори забезпечують ефективне керування ресурсами та розподіл ресурсів у хмарі. Це означає, що кілька користувачів або програм можуть працювати на одному фізичному сервері, не заважаючи один одному, що призводить до кращого використання ресурсів та економії коштів. Загалом, гіпервізори є важливим компонентом хмарної інфраструктури, що дозволяє ефективно керувати ресурсами та розподіляти їх для задоволення потреб різних користувачів та робочих навантажень.

### **Вплив віртуалізації на гнучкість та спритність хмарних технологій**

Віртуалізація в хмарі забезпечує кілька переваг гнучкості:

- Це дозволяє швидко виділяти ресурси, дозволяючи організаціям швидко реагувати на змінні потреби бізнесу.
- Це спрощує створення та розгортання нових програм, оскільки розробники можуть легко створювати нові середовища для тестування та ітерації свого коду.
- Це забезпечує мобільність робочого навантаження, переміщуючи програми між різними хмарними провайдерами або навіть між локальними та хмарними середовищами.

### **Гнучкість у розгортанні та міграції робочих навантажень завдяки віртуалізації**

Технологія віртуалізації забезпечує гнучкість у розгортанні та міграції робочих навантажень, легко переміщуючи робочі навантаження між фізичними серверами або навіть між центрами обробки даних, щоб збалансувати робочі навантаження та оптимізувати використання ресурсів. Крім того, віртуалізація дозволяє створювати віртуальні машини, які можуть запускати різні операційні системи та програми на одному фізичному сервері, підвищуючи гнучкість та зменшуючи витрати.

Віртуалізація дозволяє платформам електронної комерції масштабувати ресурси на вимогу, гарантуючи, що вони зможуть обробляти збільшений трафік і робоче навантаження. Це означає, що платформа може швидко виділяти додаткові ресурси, такі як процесор, пам'ять і сховище, без необхідності оновлення фізичного обладнання. В результаті платформа може обробляти більший обсяг транзакцій, покращуючи взаємодію з користувачем і зменшуючи ризик простоїв або збоїв.

### **Міркування безпеки у віртуалізованих хмарних середовищах**

Віртуалізовані хмарні середовища стають дедалі популярнішими завдяки своїм численним перевагам, таким як масштабованість та економічна ефективність. Однак із цим зростанням використання виникають нові проблеми та вразливості. Однією з проблем є потенційна конкуренція за ресурси, коли кілька віртуальних машин конкурують за одні й ті ж ресурси, що призводить до проблем із продуктивністю.

Ще однією проблемою є підвищена складність середовища, що може ускладнити його керування та захист. Вразливості також можуть виникати через спільну інфраструктуру та потенційну можливість зловмисних атак на віртуальні машини. Організаціям необхідно впроваджувати політики розподілу ресурсів та застосовувати заходи безпеки.

Найкращі практики та заходи безпеки для забезпечення цілісності віртуалізованих ресурсів:

- Зрозумійте використання ресурсів.
- Автоматизуйте розподіл та оптимізацію ресурсів, щоб зменшити кількість людських помилок, підвищити ефективність та заощадити час і кошти.
- Впроваджуйте управління ресурсами та дотримання вимог, щоб забезпечити безпеку, цілісність та доступність ваших даних і програм.
- Моніторинг продуктивності та доступності ресурсів
- Вирішення проблем та інцидентів з вашими ресурсами
- Оптимізуйте свою стратегію управління та моніторингу ресурсів.

### **Майбутні тенденції та інновації у віртуалізації для хмарних обчислень**

Інноваційні технології, такі як периферійні обчислення, контейнери, штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН) та безсерверні обчислення, кардинально трансформують хмарні технології. Це значно покращило функціонування бізнесу, особливо завдяки тому, що підприємства навчилися тактовно та стратегічно використовувати хмарні можливості.

Поєднання віртуалізації, контейнерів та безсерверних обчислень може створити потужну екосистему для створення та запуску сучасних програм. Наприклад, контейнери можна використовувати для пакування та розгортання програм, тоді як віртуалізацію можна використовувати для керування базовою інфраструктурою та забезпечення ефективного використання ресурсів. Безсерверні обчислення можна використовувати для автоматичного забезпечення високогнучкого та економічно ефективного рішення.

Збільшення використання контейнерів, покращені функції безпеки, збільшення використання периферійних обчислень. Загалом, віртуалізація, ймовірно, залишатиметься фундаментальною технологією для хмарних обчислень у майбутньому, але її роль може змінюватися з появою нових технологій та варіантів використання.

### **Висновок**

Віртуалізація – це ключова технологія хмарних обчислень, яка дозволяє запускати кілька віртуальних машин (ВМ) на одній фізичній машині, що дозволяє краще використовувати доступні ресурси. Це дає організаціям змогу знизити витрати, підвищити ефективність та покращити гнучкість. Віртуалізація також забезпечує ізоляцію між ВМ, гарантуючи, що одна ВМ не заважатиме іншій. Це підвищує безпеку та дозволяє робочим навантаженням з різними вимогами співіснувати на одному фізичному сервері.

З розвитком хмарних обчислень віртуалізація продовжуватиме відігравати важливу роль. Нові технології, такі як контейнери та безсерверні обчислення, поєднуються з віртуалізацією для створення потужної екосистеми для створення та запуску сучасних програм.

Продукти SDN та SD-WAN від Nuage Networks допомагають підприємствам та постачальникам послуг підвищити ефективність та знизити витрати, автоматизуючи хмарні операції та мережеві завдання.

Хмара обіцяє підвищити ефективність використання ІТ-ресурсів та гнучкість бізнесу, забезпечуючи більший ступінь автоматизації всіх ІТ-задач. Ця автоматизація дозволить гнучко налаштувати мережеві та обчислювальні ресурси для оптимізації. Ви також зможете розгортати та масштабувати нові програми та послуги на вимогу.

Значна частина цієї автоматизації походить від нової програмно-визначеної інфраструктури, де програмне забезпечення для хмарної оркестрації пришвидшує процеси та зменшує вартість завдань, схильних до помилок у великих масштабах. Програмно-визначена інфраструктура спирається на віртуалізацію серверів і мереж, щоб усунути складність і допомогти досягти мобільності хмарного робочого навантаження та незалежності від розташування.

Nuage Networks допомагає створити програмно-визначені мережі (SDN) як основу для хмарних мереж та автоматизації на основі політик. Але на відміну від інших постачальників, вона використовує відкритий та нейтральний підхід до хмарної інфраструктури.

Nuage Networks об'єднує хмарні мережі, що працюють на будь-якій платформі, мережевому обладнанні, системі управління хмарою та хмарному провайдеру. Сумісність з платформами з відкритим кодом.

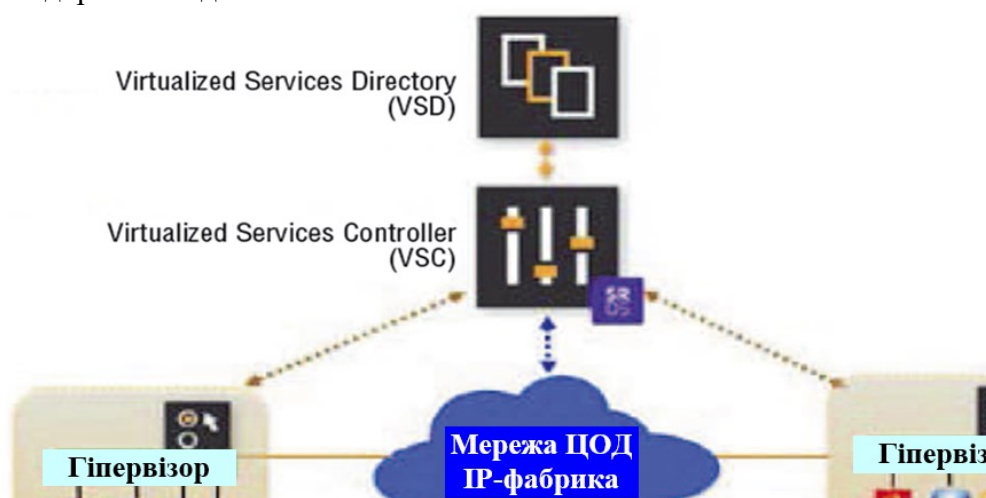


Рисунок 1 – Структурна схема системи

Nuage Networks – єдиний постачальник, який пропонує цю концепцію автоматизації на основі політик у центрі обробки даних, хмарі та глобальній мережі на одній платформі. Не потрібно кілька постачальників чи продуктів для управління хмарною автоматизацією. Продукти SDN дозволяють зменшити витрати на інфраструктуру та криві навчання, щоб ви могли реалізувати всі обіцянки хмари.

#### **Платформа віртуалізованих сервісів**

Платформа віртуалізованих сервісів (VSP) Nuage Networks – це комплексне рішення для автоматизації на основі політик. Це мережеве рішення включає компоненти, які можуть допомогти оптимізувати операції WAN, визначені центром обробки даних, хмарою або програмним забезпеченням, або автоматизувати політики безпеки та виправлення.

Рішення Nuage Networks Virtualized Services Platform (VSP) складається із трьох основних елементів:

- каталогу віртуалізованих сервісів (Virtualized Services Directory, VSD);
- агентів віртуальної маршрутизації/комутації (Virtual Routing & Switching, VRS);
- контролерів віртуалізованих сервісів (Virtualized Services Controller, VSC).

**Висновки.** У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів віртуалізації мережі Nuage Networks. Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем віртуалізації мережі Nuage Networks.
- Досліджена система віртуалізації мережі Nuage Networks.

– На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи віртуалізації мережі Nuage Networks.

Розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання віртуалізації мережі Nuage Networks. 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. 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.
2. Смірнова Т.В., Гнатюк С.О., Сидоренко В.М., Юдін О.Ю., Сидоренко С.Ю., «Модель визначення критичності галузевих інформаційно-телекомунікаційних систем». Проблеми інформатизації та управління, № 2(70). 2022. С. 28-37.
3. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., «Дослідження стійкості до диференціального криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» Системи управління, навігації та зв'язку, 2022, № 3(69). С. 93-98.
4. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Якименко Н.М., Поліщук Л.І., Смірнов С.А. «Дослідження статистичної стійкості та швидкісних характеристик запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки», № 2 (307). С. 46-52. 2022.
5. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Константинова Л.В., Смірнов С.А., Якименко Н.М., «Дослідження стійкості до лінійного криптоаналізу запропонованої функції гешування удосконаленого модуля криптографічного захисту в інформаційно-комунікаційних системах» Системи управління, навігації та зв'язку, 2022, № 1(67). С. 84-89.
6. 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.
7. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. Smirnov, O., Odarchenko, R., Abakumova, A., Usik, P., Kundyzy, 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.
18. 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.
  19. 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.
  20. 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.
  21. 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.
  22. 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.
  23. 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. – Beggel House Inc. – 2015. – P. 61-78.
  24. Смірнов О.А., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Кравченко С.С., Горбов В.О., «Хмарна система підтримки прийняття рішень технологічного процесу відновлення поверхонь конструкцій і деталей машин». Сучасні інформаційні системи. 2021. Т. 5, № 4. С. 79-95
  25. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки. №4. С. 103-110. 2020.
  26. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.
  27. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В., Поліщук Л.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2020. – 294 с.
  28. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5g» у Кібербезпека та інформаційні технології: монографія. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.
  29. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. № 2(33). с. 161-172, 2019.
  30. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.
  31. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova, K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).