

Застосування Віртуалізованої ІТ-Інфраструктури для Збільшення Рівня Екологічної Безпеки Технологічних Систем

Вавулін Петро

кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського
Київ, Україна
lestatxa81@gmail.com

Using of Virtualized IT-Infrastructure for Ecological Risk Decrease of Automation Systems of Technological Objects

Vavulin Petro

Department of Cybernetics of Chemical Technology Processes
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
Kyiv, Ukraine
lestatxa81@gmail.com

Анотація—Зважаючи на глобальні перспективи та досвід впровадження сучасних інформаційних технологій у виробництво, було вирішено розглянути можливі шляхи зменшення екологічного ризику українських виробництв. Було розглянуто проблеми і методи використання програмно – апаратних рішень в області віртуалізації для експлуатованих виробничих комплексів. Головним методом дослідження є комп'ютерне моделювання реальних систем автоматизації та керування технологічними процесами з використанням серверів та засобів віртуалізації, в тому числі гіпервізорів (MS Hyper V). Метод базується на використанні повністю віртуалізованої ІТ-інфраструктури, у тому числі систем керування та робочих станцій.

Abstract—Taking into account the global trends and experience of implementation of modern information technologies in production processes, with the aim of updating and increasing the ecological safety of Ukrainian industrial complexes, the issues and methods for using of hardware and software and technological solutions in the field of virtualization are considered. The main method of research is computer simulation of real automation systems (including server hardware) using the tools of virtualization (Microsoft Hyper V). The method based on using of a virtual IT infrastructure, including primary and backup servers with process control system and workstations.

The ways of using of traditional automation systems, which are deployed on the basis of virtualization platform Hyper V, are considered. Also considered deployment of these systems under

server OS with support for one of the many virtualization technologies, such as: MS Hyper V, Citrix Xen Server, and others.

The possible positive effect of using modern IT infrastructure for technological objects under operation conditions is also analyzed. It lays in the fact of theoretically increase of fault tolerance level, practical simplification of system administration, and creation of backup storage of virtual machines.

Ключові слова—ІТ-інфраструктура; гіпервізор; тонкий клієнт; прикладні ІТ-технології

Keywords—IT infrastructure virtualization; hypervisor; thin client; applied IT

I. ВСТУП

Системи керування і захисту технологічних процесів стають все більш складними і виникає проблема інтегрованості цих систем з сучасними технологіями для їх використання в виробничих галузях, які пов'язані з екологічним ризиком.

Кожний технологічний процес, пов'язаний з виробництвом, повинен використовувати сучасні технології, які дозволяють максимально знизити ймовірність аварії і зменшити надходження небезпечних речовин у навколишнє середовище. Також, на даному етапі розвитку технологій, забезпечити повністю безаварійну роботу технічних систем не можливо. Саме тому, побудова гіперконвергентних рішень з використанням

віртуалізованих середовищ для побудови систем автоматизації надзвичайно важливе, особливо у випадку наявності вимог відповідності виробництв стандартам ISO 14000 та ISO/IEC 17799 [1, 2].

Використання віртуалізації (та її складових як програмних, так і апаратних) передбачає підвищення рівня надійності та відмовостійкості, оскільки воно передбачає відновлення працездатності системи шляхом запуску резервних віртуальних машин чи застосування резервних апаратних елементів (тонкі клієнти). Слід відмітити, що окрім ймовірного підвищення рівня надійності, використання сучасних гіпервізорів також спрощує адміністрування та керування системами автоматизації [3].

Слід зазначити, що питання оцінки і попередження виникнення аварійних ситуацій і катастроф, а також їх економічної та екологічної складової, носить надзвичайно важливий характер [4]. В контексті актуальності питань аварійної безпеки, виявляється необхідним розвиток та впровадження сучасних ІТ-технологій для зменшення екологічних ризиків. Також, підвищення надійності і рівня відмовостійкості технологічних об'єктів, включаючи елементи чи навіть повноцінні системи автоматизації, є невід'ємною частиною еволюційного розвитку ІТ-інфраструктури промислових об'єктів та систем.

II. ОБ'ЄКТ І МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження даної роботи являється комп'ютерно-інтегроване управління технічними системами з використанням засобів віртуалізації.

Розглядається система автоматизації та керування технологічним об'єктом з використанням програмно-апаратних рішень компанії Honeywell, рис. 1. Дана система включає – контролер C200, TOU (технологічний об'єкт управління) та програмне забезпечення Experion PKS [5].

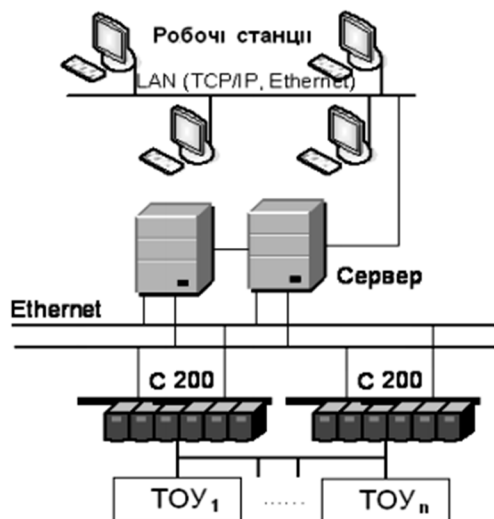


Рис. 1. Узагальнена принципова схема системи керування Honeywell

Дана система використовує сучасні сервери на компонентній базі корпорації Intel та програмне

забезпечення Microsoft Windows Server та Honeywell Experion PKS. Також допускається використання серверів на базі AMD. В якості сенсорів для отримання необхідних даних стосовно стану об'єкта управління найбільш поширеним є використання сенсорів виробництва компанії Honeywell.

Одним з проблемних та вузьких місць даного рішення є відсутність автоматизованого резервного копіювання сервера та робочих станцій. Також до наявних недоліків можна віднести відсутність централізованої консолі управління та моніторингу стану робочих станцій і серверів та їх резервних копій. У контексті розвитку сучасних технологій та для зменшення рівня екологічної безпеки, вивчення можливостей побудови системи комп'ютерно-інтегрованого управління з використанням можливостей та інструментів віртуалізації є надзвичайно важливим та необхідним.

Метою даної роботи є дослідження можливості впровадження віртуалізованих середовищ при експлуатації систем автоматизації технологічних процесів для підвищення рівня екологічної безпеки. Впровадження даних технологій дозволить спростити інтеграцію елементів технічних систем та агрегування генерованих ними даних. Це розширить можливості застосування методів визначення функції розподілу випадкової величини, яка характеризує рівень техногенного і екологічного ризику відмови складної системи у часі [6, 7]. Сучасна концепція безпеки полягає у тому, що міжнародні стандарти розглядають систему безпеки комплексно, в цілому із урахуванням апаратного та програмного резервування всіх компонентів. До компонентів системи захисту включають вимірювальні і виконавчі пристрої, конфігурації приладів та операційних систем і т. д.

III. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ

Проблеми застосування математичних методів до оцінки екологічних та економічних ризиків постійно перебувають у полі зору науковців. Слід зазначити, що за сучасних умов розвитку технологій для забезпечення високого рівня надійності та відмовостійкості технічних систем та об'єктів необхідно мати надзвичайно ефективну та сучасну ІТ-інфраструктуру [8].

Відмова від використання сучасних рішень та управління технологічними об'єктами з використанням неефективних або застарілих технологій може обернутися негативним результатом в діяльності підприємства. Як наслідок, проблеми адаптації сучасних технологій до існуючих технологічних систем (об'єктів) з урахуванням методології оцінювання ризику актуальні у будь-який час [8]. На даному етапі питання інтеграції традиційних систем автоматизації із сучасними ІТ-технологіями недостатньо досліджене.

Розглянемо задачу проектування та впровадження ІТ-інфраструктури та системи автоматизації (керування) ним з використанням сучасних програмно-апаратних рішень. Використання віртуалізованих систем (середовищ) є поширеним, і що більш важливо – ефективним [9].

На сьогодні, технології віртуалізації набувають досить широкого розповсюдження у різноманітних сферах виробничої діяльності. У харчовій промисловості віртуалізація розглядається як елемент системи автоматизації та збільшення економічної ефективності виробництва [10]. У промисловості та при використанні розподілених обчислювальних середовищ, технології віртуалізації застосовуються для забезпечення гарантованого рівня надійності (Service Level Agreements) [11].

Для виробничих процесів та систем управління набуває все більшого розповсюдження використання технологій та засобів віртуалізації і обробки великих об'ємів даних [8]. Слід відмітити, що питання інформаційної безпеки мережевої, апаратної та програмної складових віртуалізованої ІТ-системи вирішується застосуванням спеціалізованих засобів та інструментів [12–14]. Дані інструменти включають як адміністративні засоби (посадові інструкції з розмежуванням прав доступу) так і програмні (антивірусне програмне забезпечення, апаратні засоби від взлому та DDos attack).

Слід відмітити, що до традиційних систем автоматизації, зазвичай майже не включають, або ігнорують можливості використання засобів віртуалізації для підвищення відмовостійкості та оптимізації керування [12].

Оптимальна стратегія керування технологічним процесом базується на традиційних підходах до побудови автоматизованих систем керування технологічним процесом (АСУ, процес обробки та відображення інформації та ін.). Також при побудові використовується сукупність критеріїв та параметрів (в тому числі керуючих впливів) для прийняття оптимальних рішень.

З проведеного літературного аналізу можна зробити висновок, що проблеми адаптації сучасних технологій до існуючих технологічних систем (об'єктів) актуальні у будь-який час.

IV. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянемо задачу проектування та впровадження ІТ-інфраструктури технологічних процесів та системи автоматизації (керування) з використанням сучасних програмно-апаратних рішень у складі:

- спеціалізоване програмне забезпечення (MS Hyper V, VMWare VSphere, Citrix Xen Server та ін.);
- тонкі клієнти (Напр. Raspberry PI чи HP, Dell);
- сервери керування та збереження даних (HP, Dell, Supermicro та ін.).

При віртуалізації програмне забезпечення використовується для імітації наявності обладнання і створення віртуальної комп'ютерної системи, що в свою чергу може бути використано для оптимізації роботи систем керування технологічними процесами [10]. Слід відмітити, що питання безпечності використання даних технологій вирішуються у відповідності до вимог виробництва та сучасних понять кібербезпеки [11].

Розглянемо апаратну віртуалізацію, як інструмент збільшення ефективності утилізації обчислювальних ресурсів. Апаратна віртуалізація забезпечує продуктивність, порівнянну з продуктивністю невіртуалізованої машини. Це в свою чергу дозволяє використовувати віртуальні машини у продуктивному середовищі. Найбільш поширені технології віртуалізації – Intel-VT і AMD-V [13].

Розглянемо сценарій практичного застосування запропонованого підходу, з використанням гіпервізора Hyper V для системи автоматизації, побудованої на базі технологічних рішень американської компанії Honeywell.

Для віртуалізації використаємо Microsoft Hyper-V – систему апаратної віртуалізації для x64-систем, на базі гіпервізора. Microsoft Hyper-V дозволяє створювати віртуальну ІТ-інфраструктуру на базі існуючої фізичної.

Архітектурно система включає в себе глобальний сервер (або сервери), на яких розміщується базове програмне забезпечення та віртуальні машини. Глобальні сервери об'єднуються між собою та з тонкими клієнтами локальною обчислювальною мережею (також допускається віртуалізації мережі засобами Hyper V чи будь-якого іншого гіпервізора) [13]. Тонкі клієнти під'єднуються до виділених їм віртуальних машин. Варіантами вирішення питань інформаційної безпеки, в залежності від потреб можуть бути: засоби ОС, використання Microsoft Active Directory, засоби LDAP та інші [13]. Керування технологічним процесом здійснюється через віртуальні машини, які під'єднані до обладнання та програмного забезпечення Honeywell. На рис. 2 зображено апаратну складову, на рис. 3 – програмну.

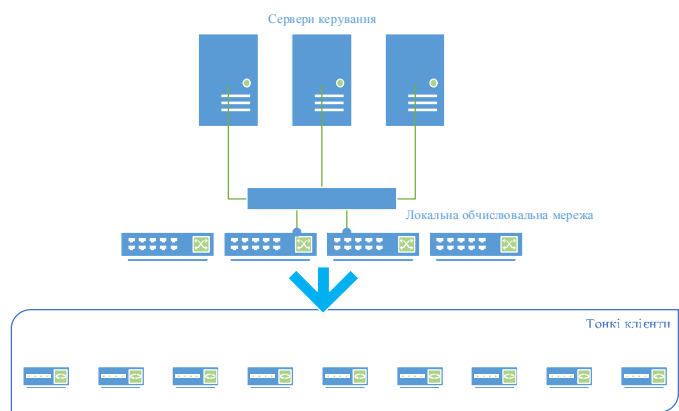


Рис. 2. Графічне зображення базової апаратної інфраструктури системи автоматизації з застосуванням засобів віртуалізації.

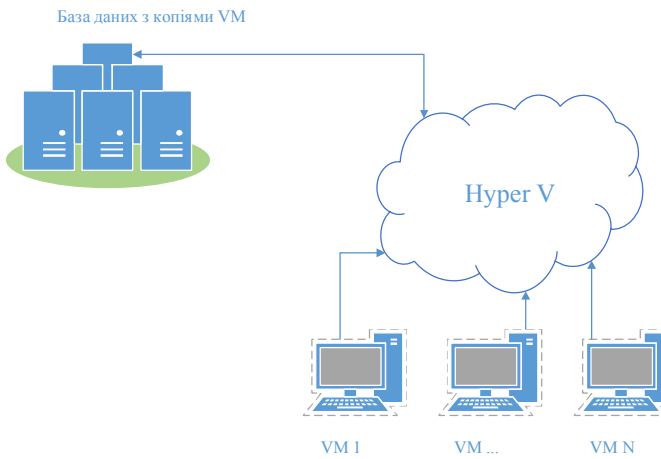


Рис. 3. Графічне зображення віртуальної інфраструктури системи автоматизації.

Програмна складова включає в себе гіпервізор Нурер V, за допомогою якого відбувається моніторинг та керування віртуальним середовищем. Адміністратор мережі задає налаштування політик відновлення та створення копій активних віртуальних машин, для можливості швидкого відновлення роботи системи автоматизації у разі відмови елементів системи.

Схему процедури відновлення працездатності елементів системи автоматизації наведено на рис. 4. У випадку відмови віртуальної машини сервер в автоматичному режимі запускає повністю ідентичну їй копію, попередньо збережену у базі даних.

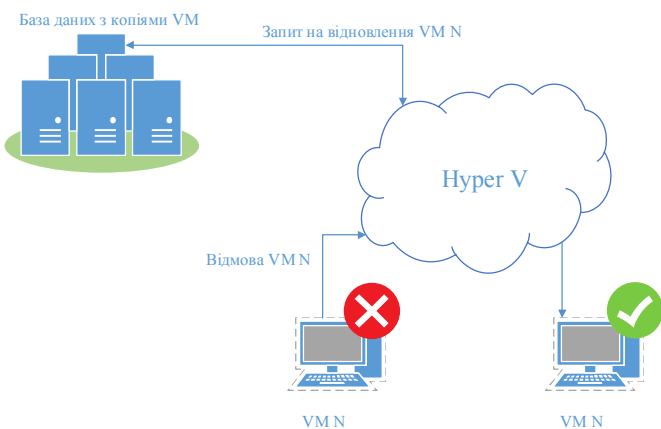


Рис. 4. Схema процедури відновлення працездатності віртуальних машин.

Для цього піднімаємо роль Нурер V Server, а на ньому створимо віртуальну машину з сервером Experion PKS. На рис. 5 відображено диспетчер Нурер V, який надає засоби керування віртуальною інфраструктурою.

Для запуску віртуального сервера достатньо натиснути кнопку «пуск» у відповідному меню доступних дій. Як видно з рис. 6–7, створений віртуальний сервер за всіма атрибутами відповідає класичному серверу. Слід зазначити, що використання засобів віртуалізації спрощує інтеграцію між об'єктами керування та засобами

прогнозування техногенного ризику [8]. При віртуалізації серверів та робочих станцій Honeywell було використано звичайний персональний комп'ютер (об'єм оперативної пам'яті 8 Гб, двох-ядерний процесор Intel Core i5-3230M з тактовою частотою 2.6 GHz).

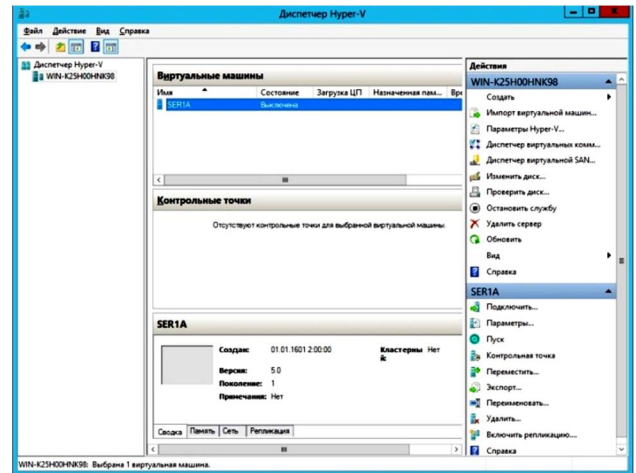


Рис. 5. Середовище керування віртуальною інфраструктурою MS Нурер V.

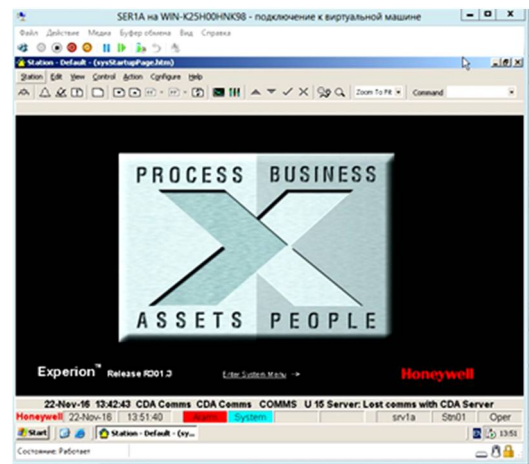


Рис. 6. Запуск віртуального сервера керування з спеціалізованим програмним забезпеченням Experion PKS.

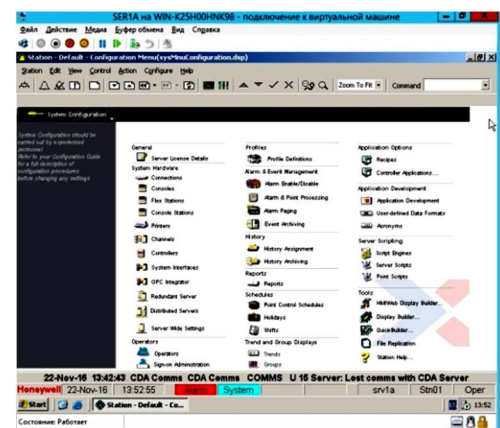


Рис. 7. Налаштування системи у віртуалізованому середовищі.

Для оцінки економічного ефекту розглянемо систему, що складається з 30 робочих станцій, та її аналог з використанням засобів віртуалізації. Результати розрахунків наведено в табл. 1.

ТАБЛИЦЯ 1. ПОРІВНЯННЯ ВАРТОСТІ ТРАДИЦІЙНОГО І ВІРТУАЛІЗОВАНОГО РІШЕННЯ

Найменування	Вартість за одиницю, грн.	Кількість	Сума, грн.
Робоча станція (ПК чи ноутбук середнього цінового діапазону)	13 000	30	390 000
Тонкий клієнт RASPBERRY PI 3 MODEL B	1 400	30	42 000
Сервер віртуалізації Supermicro SYS-6028R-T	90 000	2	180 000

Ціни приведені станом на березень 2017, для ринку України. Програмне резервування (точні копії віртуальних машин, які використовуються тонкими клієнтами для операційної діяльності) обмежене лише вільним місцем на сервері збереження даних, апаратне резервування в даній конфігурації не розглядається.

V. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розрахуємо сумарну економію при використанні віртуалізованого середовища, у порівнянні з традиційним рішенням:

$$E = ((C_{трад} - C_{вирт}) / C_{трад}) \cdot 100\% = ((390\,000 - 222\,000) / 390\,000) \cdot 100\% \approx 43\%$$

Розглянемо використання серверу Supermicro SYS-6028R-T (США) у конфігурації з 8 дисками 1000 GB HDD Enterprise SATA 7200 rpm у випадку побудови RAID 1 (дзеркалювання інформації, що зберігається, тобто з дублюванням збережених даних). Даний сервер було обрано виходячи з цінових та якісних характеристик обладнання. Кількість – 2 сервери обумовлена гранично допустимою кількістю дисків, та обчислювальними можливостями центральних процесорів кожного з них. В даній конфігурації для побудови віртуалізованої інфраструктури буде доступно 2 ТБ (терабайти) дискового середовища на кожному з трьох серверів (загальна кількість – 4 ТБ). З урахуванням реальних даних стосовно програмного середовища (операційна система та спеціалізоване програмне забезпечення Exregion PKS) серверів керування технологічними процесами Honeywell, для кожної віртуальної машини буде достатньо 15 Гб дискового місця.

Проведемо дослідження впливу застосування віртуалізації на рівень надійності та екологічної безпеки автоматизованої системи з 30 робочими місцями. Результати дослідження наведено у табл. 2. На рис. 8 відображено загальну допустиму кількість копій відповідних вузлів необхідних для нормальної експлуатації системи автоматизації.

ТАБЛИЦЯ 2. ПОРІВНЯННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАДИЦІЙНОГО І ВІРТУАЛІЗОВАНОГО РІШЕННЯ

Найменування	Традиційні рішення	Віртуалізована ІТ-інфраструктура
Кількість фізичних або відповідних їм віртуальних машин, шт.	30	260
Гарантована мінімальна кількість унікальних копій фізичних або відповідних їм віртуальних машин, шт.	0	2
Загальна кількість резервних копій окремих віртуальних машин, шт.	1	8

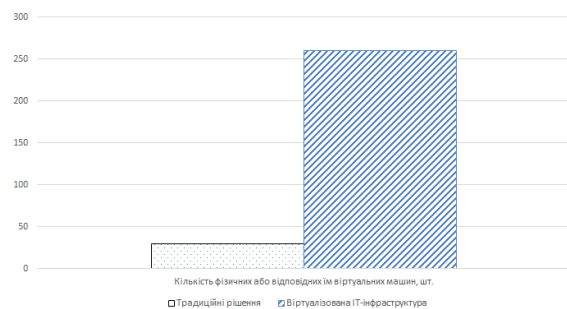


Рис. 8. Максимально можлива кількість екземплярів робочих місць чи серверів, або їх копій у відповідності до місця на дисках.

VI. ВИСНОВКИ

Проаналізувавши одержані результати, можна сказати, що використання засобів віртуалізації значно підвищує рівень екологічної безпеки та відмовостійкості систем автоматизації. Також до побічних ефектів можна віднести значний економічний ефект від впровадження більш надійних систем. Слід зазначити, що на рис. 8 мається на увазі не кількість одночасно запущених віртуальних машин, а лише кількість копій (знімків) робочих станцій у базі даних трьох серверів (кількість одночасно запущених копій обмежена об'ємом оперативної пам'яті та можливостями серверних процесорів). Також, у табл. 2 мається на увазі максимально можлива кількість копій однієї робочої станції у базі даних для швидкого відновлення працездатності системи. Стосовно гарантованої мінімальної кількості унікальних копій фізичних або відповідних їм віртуальних машин – мається на увазі випадок, коли в традиційних системах використовуються звичайні робочі станції (без RAID-контролерів), тому відповідна гарантована кількість фізичних копій дорівнює нулю, на відміну від віртуалізованого рішення в якому побудовано RAID 0 з дублюванням збережених даних (в тому числі й віртуальних машин).

Проаналізувавши результати досліджень можна зробити наступні висновки:

- програмно-апаратна реалізація віртуалізованої інфраструктури має значний потенціал збільшення надійності систем автоматизації, оскільки дані рішення дозволяють швидко відновлювати програмну та апаратну працездатність елементів систем автоматизації. До переваг можна віднести

простоту практичного застосування даних систем у поєднанні з традиційними системами автоматизації;

- застосування віртуалізованої ІТ-інфраструктури економічно доцільне (табл. 1) і є більш вигідним ніж традиційні рішення у зв'язку з повною ідентичністю систем які розгортаються у віртуалізованому середовищі традиційним.
- застосування віртуалізованої ІТ-інфраструктури підвищує рівень екологічної безпеки (табл. 2) завдяки значно вищому рівню резервування експлуатованих систем та їх програмних складових.

Також слід зазначити, що практичне застосування запропонованих технологій може призвести до різкого збільшення рівня надійності, керованості та простоти адміністрування сучасних систем автоматизації. Також слід відзначити еволюційність даних підходів, адже вони ніяк не заперечують і мають зворотну сумісність з майже усіма наявними програмно-апаратними системами автоматизації технологічних процесів.

Головними перевагами впровадження платформ віртуалізації таких, як MS Hyper V, Citrix Xen Server, VMWare та ін. є:

- відносна простота використання;
- практично необмежені можливості по створенню клонів фізичних систем автоматичне їх відновлення (обмежене лише доступним місцем для збереження даних);
- «легка міграція» або переїзд системи автоматизації з одного географічного регіону до іншого та ін.

REFERENCES

- [1] T. Haeberlen, L. Dupre, (2012, December), Cloud Computing Benefits, risks and recommendations for information security. European Network and Information Security Agency (ENISA). Available: https://resilience.enisa.europa.eu/cloud-security-and-resilience/publications/cloud-computing-benefits-risks-and-recommendations-for-information-security/at_download/file
- [2] M. M. Bychenok, S. P. Ivaniuta, Ye. O. Yakovliev, Institute for National Security of the National Security and Defense of Ukraine. (2008). *Ryzyky zhyttiedialnosti u pryrodno-tekhnohennomu seredovyshchi*. Kyiv, 160.
- [3] , S. H. Bondarenko, D. O. Skoretskyi, (2016), Computer-microprocessor system of technological processes control. *Kompiuterne modeliuвання v khimii i tekhnolohiiakh ta systemakh staloho rozvytku – KMKhT-2016: zbirnyk naukovykh statei Piatoi mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, 18-20 travnia 2016 roku, m. Kyiv. Kyiv: National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 50–56.
- [4] P. Vavulin, T. Boyko, (2016), Analysis of algorithm for estimating distribution functions of random variables for the prediction of technogenic risk. *Technology Audit And Production Reserves*, 2(3(28)), 17–23. doi:10.15587/2312-8372.2016.66754
- [5] R. M. Sinnamon, J. D. Andrews, (1996), Quantitative Fault Tree Analysis Using Binary Decision Diagrams. *Journal Europeen des Systemes Automatises*, 30 (8), 1051–1071.
- [6] E. Galante, D. Bordalo, M. Nobrega, (2014), Risk Assessment Methodology: Quantitative HazOp. *Journal of Safety Engineering*, 3 (2), 31–36. doi:10.5923/j.safety.20140302.01
- [7] I. S. Saguy, (2016), Challenges and opportunities in food engineering: Modeling, virtualization, open innovation and social responsibility. *Journal of Food Engineering*, 176, 2–8. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.07.012
- [8] , A. Kertesz, G. Kecskemeti, I. Brandic, (2014), An interoperable and self-adaptive approach for SLA-based service virtualization in heterogeneous Cloud environments. *Future Generation Computer Systems*, 32, 54–68. doi:10.1016/j.future.2012.05.016
- [9] R. F. Babiceanu, R. Seker, (2016), Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook. *Computers in Industry*, 81, 128–137. doi:10.1016/j.compind.2016.02.004
- [10] V. A. Tiurin, (2006), *Avtomatizirovannye sistemy upravleniia tekhnologicheskimi protsessami*. St. Petersburg: St. Petersburg State Academy of Forestry Engineering, 153.
- [11] T. Hegazy, M. Hefeeda, (2015), Industrial Automation as a Cloud Service. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 26 (10), 2750–2763. doi:10.1109/tpds.2014.2359894
- [12] R. Chandramouli, (2014), Analysis of Protection Options for Virtualized Infrastructures in Infrastructure as a Service Cloud. *Fifth International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization*. Venice, Italy, 37–43.
- [13] A. Menon, A. L. Cox, W. Zwaenepoel, (2006), Optimizing Network Virtualization in Xen. In *Proceedings of the annual conference on USENIX'06 Annual Technical Conference*. USENIX Association. Available:
- [14] K. Hashizume, D. G. Rosado, E. Fernandez-Medina, E. B. Fernandez, (2013), An analysis of security issues for cloud computing. *Journal of Internet Services and Applications*, 4 (5), 15–28. doi:10.1186/1869-0238-4-5