

11. Wu, Y. Multi-objective re-synchronizing of bus timetable: Model, complexity and solution [Text] / Y. Wu, H. Yang, J. Tang, Y. Yu // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2016. – Vol. 67. – P. 149–168. doi:10.1016/j.trc.2016.02.007
12. Сафронов, Э. А. Управление загрузкой транспортной сети города с учетом повышения доступности пассажирского транспорта [Текст] / Э. А. Сафронов, К. Э. Сафронов, Е. С. Семенова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2015. – № 6 (46). – С. 38–44.
13. Волков, В. С. Стабилизация маршрута городского пассажирского транспорта при сбойных ситуациях [Текст] / В. С. Волков, Г. М. Сурхаев, В. К. Магомедов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 76–84.
14. Сафронов, К. Э. Роль доступного общественного транспорта в социально-экономическом развитии городов [Текст] / К. Э. Сафронов // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2012. – № 2 (24). – С. 125–130.
15. Gentile, G. Modelling public transport passenger flows in the era of intelligent transport systems [Text] / by ed. G. Gentile, K. Noekel // Springer Tracts on Transportation and Traffic. – Springer International Publishing, 2016. – 642 p. doi:10.1007/978-3-319-25082-3
16. Vdovychenko, V. Formation of methodological levels of assessing city public passenger transport efficiency [Text] / V. Vdovychenko, Y. Nagorny // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – № 3/3 (81). – P. 44–51. doi:10.15587/1729-4061.2016.71687
17. Пичкалев, А. В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств [Текст] / А. В. Пичкалев // Исследования наукограда. – 2012. – № 1. – С. 25–28.

АНАЛИЗ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ ВНУТРЕННЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Выделены виды и условия формирования взаимной связи и воздействия факторов дестабилизации технологических процессов городского общественного пассажирского транспорта. На основе оценки продолжительности технологических операций сформированы характеристические условия определения состояний объектов городского общественного пассажирского транспорта относительно распределения вероятности их дестабилизации. Представлены причинно-следственные связи дестабилизации городского общественного пассажирского транспорта с позиций его внутренней устойчивости.

Ключевые слова: городской общественный пассажирский транспорт, дестабилизация технологических процессов, внутренняя устойчивость, зона риска.

Вдовиченко Володимир Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна, e-mail: Vval2301@gmail.com, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-2746-8175

УДК 519.216+66.012-52

DOI: 10.15587/2312-8372.2017.92972

Вавулін П. А.,
Бойко Т. В.

ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛІЗОВАНОЇ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Досліджено можливі способи збільшення рівня відмовостійкості систем автоматизації та управління виробничим процесом із застосуванням сучасних інформаційних технологій. Запропонована у роботі методика поєднує застосування апаратних засобів та програмно-технологічних рішень в області віртуалізації як базової платформи для побудови інформаційної інфраструктури систем автоматизації технологічних об'єктів. Віртуалізація дозволяє створювати копії програмно-апаратних середовищ систем автоматизації.

Ключові слова: системи автоматизації, віртуалізація ІТ-інфраструктури, гіпервізор, тонкий клієнт.

1. Вступ

Сучасні міжнародні стандарти технологічних процесів потребують комплексного та повного розгляду системи керування і захисту, зокрема стандарти ISO 14000 та ISO/IEC 17799 [1, 2]. Системи керування і захисту технологічних процесів стають все більш складними і виникає проблема інтегрованості цих систем з сучасними технологіями для практичного використання в галузях промисловості які пов'язані з техногенним ризиком.

Кожний технологічний процес повинен використовувати сучасні технології, які дозволяють максимально знизити ймовірність аварії і зменшити надходження

небезпечних речовин у навколишнє середовище. З іншого боку, на даному етапі розвитку технологій, забезпечити повністю безаварійну роботу технічних систем не представляється можливим. Саме тому, побудова гіперконвергентних рішень з використанням віртуалізованих середовищ для побудови систем автоматизації надзвичайно важливе. Використання такого рішення передбачає підвищення рівня надійності та відмовостійкості, у випадку створення та відновлення працездатності програмного забезпечення робочих станцій у автоматичному чи напівавтоматичному режимі. Це в свою чергу веде до зменшення ймовірності виникнення аварійної ситуації внаслідок відмови елементів програмного

забезпечення. Також слід відмітити, що окрім ймовірного підвищення рівня надійності, використання сучасних гіпервізорів також спрощує адміністрування та керування системами автоматизації [3]. Застосування та використання методів і засобів віртуалізації дозволяє створювати копії робочих станцій та серверів. Дані копії за своїми властивостями та характеристиками повністю відповідають звичним серверам та робочим станціям, які використовуються на виробництвах для автоматизації технологічних процесів. В свою чергу, централізована консоль управління віртуалізованими системами повністю відповідає вимогам до автоматизованих систем керування технологічним процесом.

Також слід зазначити, що питання оцінки і попередження виникнення аварій і катастроф, а також їх економічної складової, носить надзвичайно важливий характер [4]. В контексті актуальності питань аварійної безпеки, виявляється необхідним розвиток та впровадження сучасних ІТ-технологій для зменшення техногенних 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.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

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 (США), рис. 1. Дана система включає – контролер С200, ТОУ (технологічний об'єкт управління) та програмне забезпечення Experion PKS (США) [5].

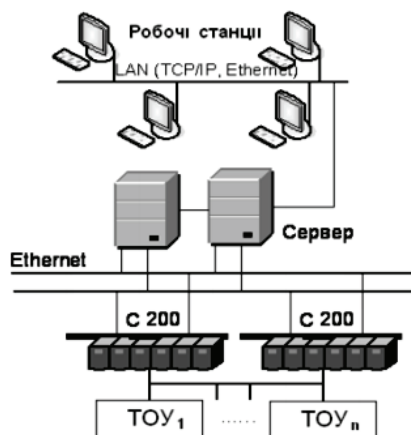


Рис. 1. Узагальнена принципова схема комплексу Honeywell (США)

Головними особливостями даної системи є використання сучасних серверів на компонентній базі корпорації Intel (США) та програмного забезпечення Microsoft Windows Server (США) та Honeywell Experion PKS (США).

Одним з проблемних та недостатньо автоматизованих місць даного рішення є відсутність автоматизованого резервного копіювання стану 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. Очевидним є потреба у більш детальному вивченні можливостей побудови системи комп'ютерно-інтегрованого управління з використанням можливостей та інструментів віртуалізації.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є дослідження можливості застосування та подальшого впровадження віртуалізованих середовищ для систем автоматизації технологічних процесів. Також впровадження даних технологій дозволить спростити інтеграцію елементів технічних систем та агрегування генерованих ними даних. Це дозволить застосувати методи визначення функції розподілу випадкової величини, яка характеризує рівень техногенного 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.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати так задачі:

1. Оцінити можливе збільшення надійності систем автоматизації шляхом збереження конфігурацій серверів автоматизації, створення резервних копій систем керування засобами віртуалізації.
2. Оцінити складність реалізації цього підходу, у відповідності до обчислювальних можливостей сучасної техніки.
3. Провести аналіз економічної складової, яка виражена вартістю впровадження віртуалізованого середовища.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Проблеми застосування математичних методів до оцінки техногенних та економічних ризиків постійно перебувають у полі зору науковців. Слід зазначити, що за сучасних умов розвитку новітніх технологій для забезпечення 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. Тому 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].

Віртуалізація являє собою процес створення не фізичної, а віртуальної версії чогось. Віртуалізація може бути застосована до комп'ютерів, операційних систем,

засобів збереження даних, додаткам чи мережам. Найбільш вагому роль на світовому ринку відіграє віртуалізація серверів.

На даному етапі 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]. Також слід відмітити, що питання інформаційної безпеки мережевої, апаратної та програмної складових системи вирішується застосуванням верифікованих засобів та інструментів [12–16]. 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).

На рис. 2 представлено модифіковану традиційну концепцію побудови стратегії керування технологічними процесами, з використанням засобів та систем автоматизації.

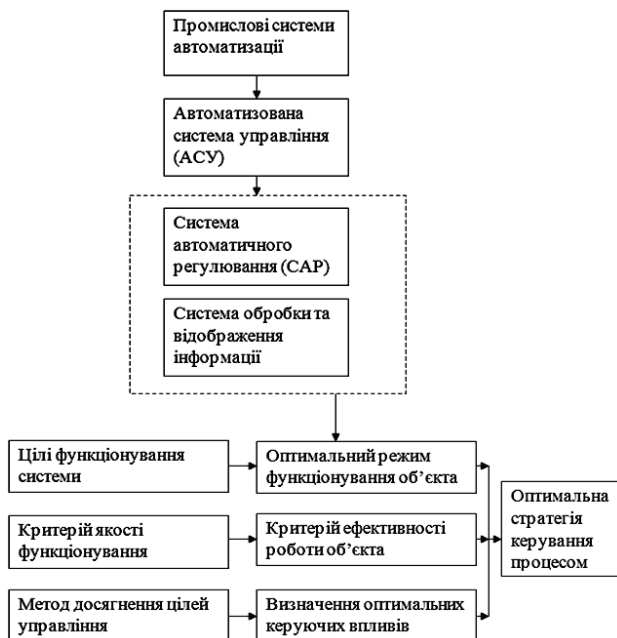


Рис. 2. Концепція побудови оптимальної стратегії керування технологічними процесами у відповідності до сучасних понять теорії автоматизації

До концепції описаної дослідниками раніше [12], було додано структурний елемент, пов'язаний з агрегуванням даних стосовно режиму роботи, ефективності та керуючих впливів. Цей елемент дозволяє генерувати оптимальну стратегію керування технологічним процесом. 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.

5. 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]. На одному комп'ютері з'являється можливість запуску декілька віртуальних систем, які повністю відповідають за своїми властивостями фізичним системам. Слід відмітити, що питання безпеки використання даних технологій вирішуються у відповідності до вимог виробництва та сучасних понять кібербезпеки [11].

При традиційній побудові системи автоматизації, (або автоматичного регулювання) промислові об'єкти стикаються з обмеженнями сучасних серверів x86, які призначені для одночасного виконання лише однієї версії операційної системи. В результаті це призводить до неефективного використання існуючої фізичної ІТ-інфраструктури (завантаження навіть в спеціалізованих центрах обробки даних сягає лише 5–15 %).

Розглянемо апаратну віртуалізацію, як інструмент збільшення ефективності утилізації процесорних ресурсів. Апаратна віртуалізація забезпечує продуктивність, порівнянну з продуктивністю невіртуалізованої машини, що дає віртуалізації можливість практичного використання і тягне її широке поширення. Найбільш поширені технології віртуалізації – Intel-VT і AMD-V, які включають до своїх процесорів виробники Intel (США) та AMD (США) [13].

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

Для віртуалізації розглянемо рішення Microsoft Hyper-V – систему апаратної віртуалізації для x64-систем, на базі гіпервізора. Даний продукт включено до операційних систем Windows (починаючи з Windows Server 2008). Microsoft Hyper-V дозволяє створювати віртуальну ІТ-інфраструктуру на базі існуючої фізичної.

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, за необхідності мережа також може бути віртуалізованою [13]. Тонкі клієнти під'єднуються до виділених їм віртуальних машин. Питання безпеки зовнішніх (якщо такі передбачаються), або внутрішніх підключень до мережі вирішуються у відповідності до інформаційної політики підприємства. Варіантами вирішення в залежності від потреб можуть бути: засоби ОС, використання Microsoft Active Directory або Azure Right's Management, засоби LDAP та інші [13]. Керування технологічним процесом здійснюється через віртуальні машини, які під'єднані до обладнання та програмного забезпечення Honeywell. На рис. 3 зображено апаратну складову, на рис. 4 – програмну.

Програмна складова включає в себе гіпервізор Нурег V, за допомогою якого відбувається моніторинг та робота усіх віртуальних машин. У визначені проміжки часу відбувається повне копіювання активних віртуальних машин, для можливості швидкого відновлення роботи системи автоматизації у разі відмови елементів системи.

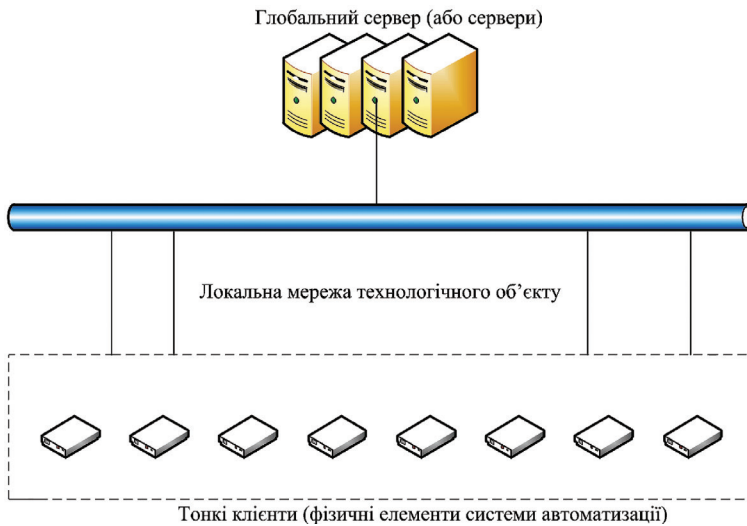


Рис. 3. Графічне зображення базової апаратної інфраструктури системи автоматизації з застосуванням засобів віртуалізації

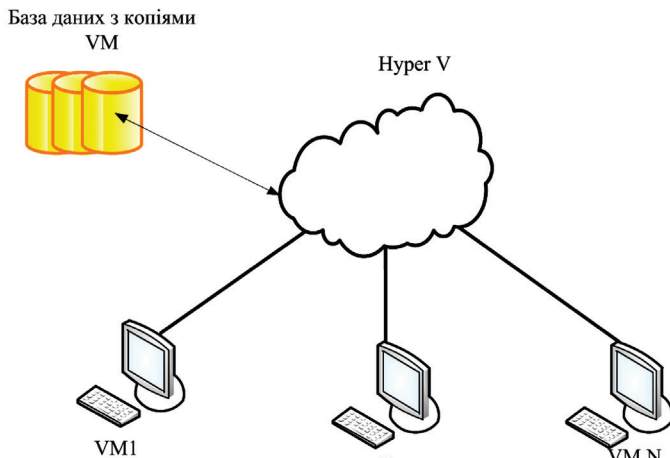


Рис. 4. Графічне зображення віртуальної інфраструктури системи автоматизації

Схему процедури відновлення працездатності елементів системи автоматизації наведено на рис. 5.

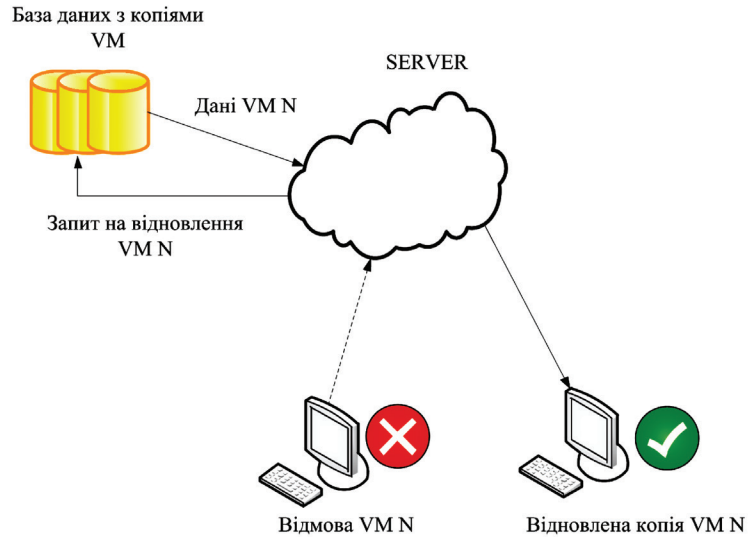


Рис. 5. Схему процедури відновлення працездатності віртуальних машин

У випадку відмови віртуальної машини сервер в автоматичному режимі запускає повністю ідентичну їй копію, попередньо збережену у базі даних.

Розглянемо застосування описаних положень на прикладі спеціалізованого сервера компанії Honeywell з контролером C200 та спеціалізованим програмним забезпеченням Experion PKS (США) для побудови стратегій керування та управління технічними системами [13–17].

Для цього розвернемо гіпервізор MS Нурег V, а на ньому створимо віртуальну машину з сервером Experion PKS. На рис. 6 відображено диспетчер Нурег V, за допомогою якого можна керувати віртуальною інфраструктурою.

Для запуску віртуалізованого сервера достатньо натиснути кнопку «пуск» у відповідному меню доступних дій. Як видно з рис. 6–9, створений віртуальний сервер за всіма параметрами та можливостями відповідає класичному серверу. Також, 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 16 Гб, чотирих-ядерний процесор AMD з тактовою частотою 2.5 GHz).

Використання віртуалізованого середовища, для технічних систем та об'єктів є більш економічно вигідним, ніж класична фізична ІТ-інфраструктура. Для порівняння розглянемо систему, що складається з 50 робочих місць, та її аналог з використанням засобів віртуалізації. Результати розрахунків наведено в табл. 1.

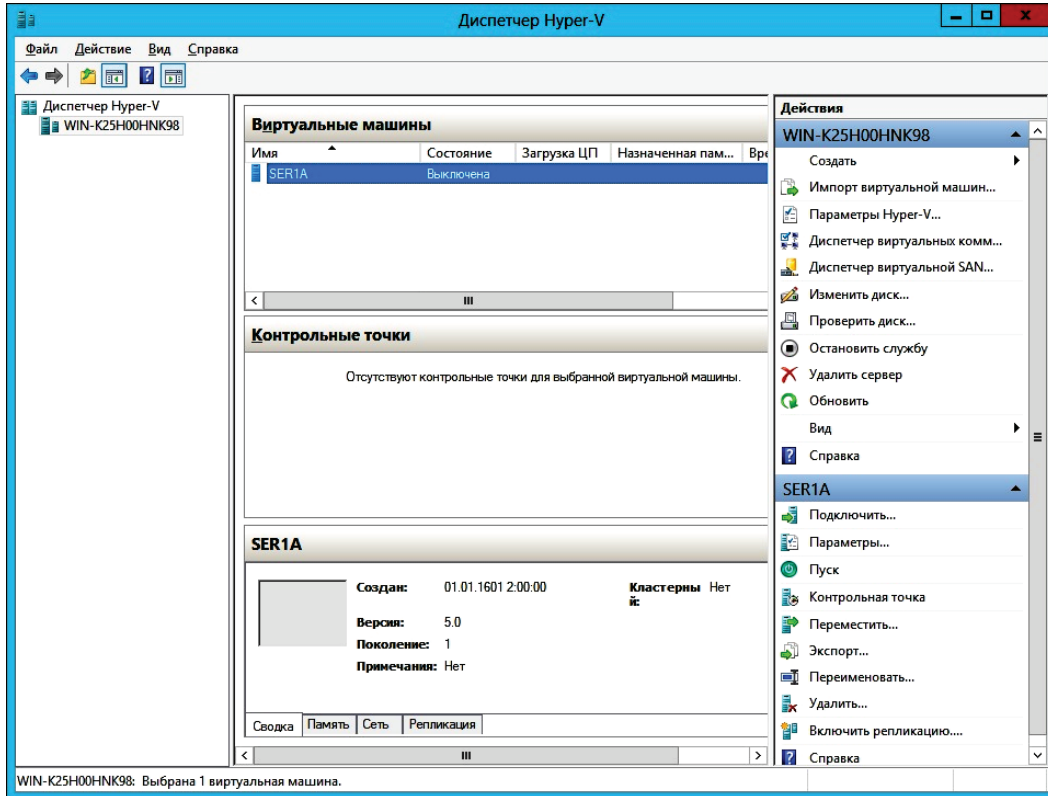


Рис. 6. Запуск віртуальної машини з спеціалізованим програмним забезпеченням

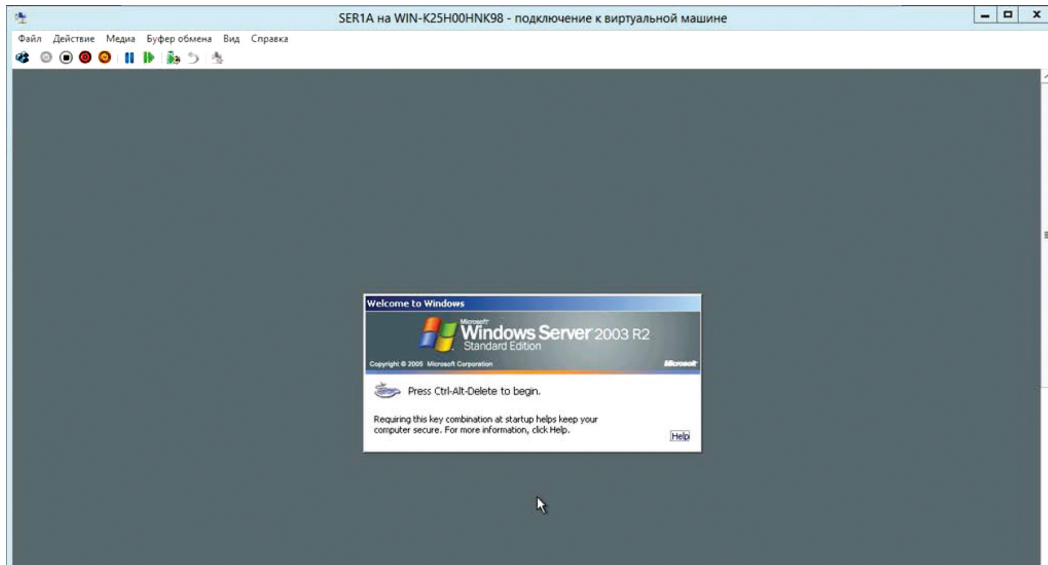


Рис. 7. Авторизація користувача на віртуальному сервері

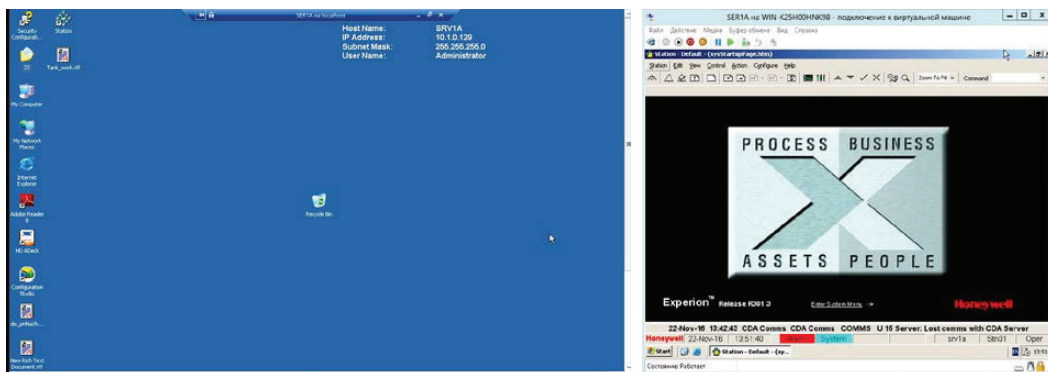


Рис. 8. Робочий стіл та запуск Exregion PKS на віртуальному сервері

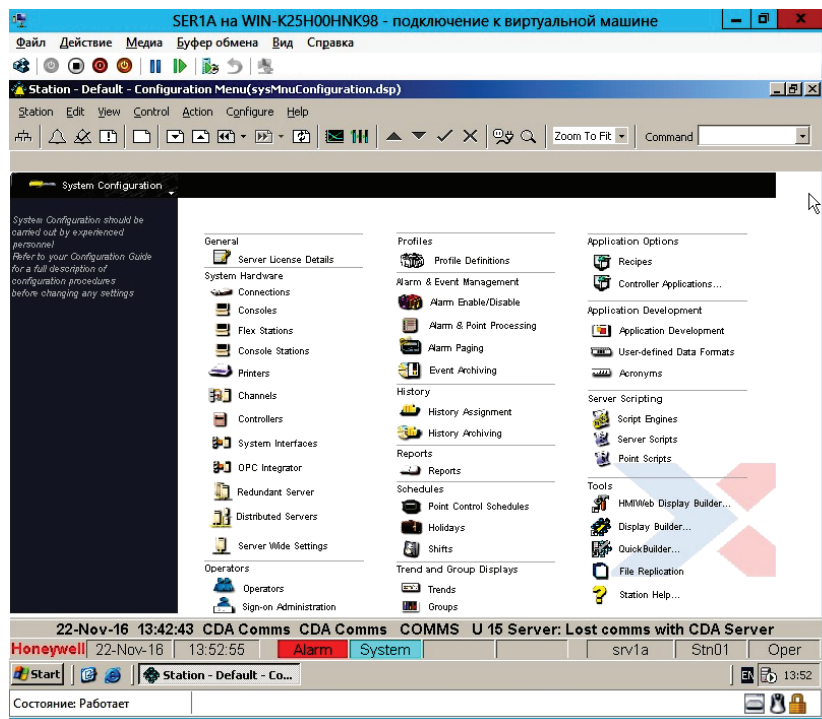


Рис. 9. Налаштування системи Honeywell на віртуальному сервері

ків, 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 – 6 ТБ). Слід також відмітити, що при віртуалізації складних систем, при розрахунку гарантованої мінімальної продуктивності необхідно враховувати технічні можливості використовуваних процесорів та їх сокетів [18]. З урахуванням реальних даних стосовно програмного середовища (операційна система та спеціалізоване програмне забезпечення Exregion PKS [17]) серверів керування технологічними процесами Honeywell, для кожної віртуальної машини буде достатньо 15 Гб дискового місця.

Проведемо дослідження впливу застосування віртуалізації на рівень надійності автоматизованої системи з 50 робочими місцями. Результати дослідження наведено у табл. 2. На рис. 10 відображено загальну допустиму кількість копій відповідних вузлів необхідних для нормальної експлуатації системи автоматизації.

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	50	650 000
Тонкий клієнт RASPBERRY PI 3 MODEL B	1 400	50	70 000
Сервер віртуалізації Supermicro SYS-6028R-T	90 000	3	270 000

Ціни приведені станом на лютий 2016, для ринку України. Програмне резервування (точні копії віртуальних машин, які використовуються тонкими клієнтами для операційної діяльності) обмежене лише вільним місцем на сервері збереження даних.

6. Результати дослідження

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

$$E = \frac{C_{\text{трад}} - C_{\text{вирт}}}{C_{\text{трад}}} \cdot 100\% = \frac{650000 - 340000}{650000} \cdot 100\% \approx 47,7\%$$

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 (зеркалювання інформації, що зберігається, тобто з дублюванням збережених даних). Даний сервер було обрано виходячи з цінових та якісних характеристик обладнання. Кількість – 3 сервери обумовлена гранично допустимою кількістю дис-

Таблиця 2

Порівняння надійності традиційного і віртуалізованого рішення

Найменування	Традиційні рішення	Віртуалізована IT-інфраструктура
Кількість фізичних або відповідних їм віртуальних машин, шт.	50	400
Гарантована мінімальна кількість унікальних копій фізичних або відповідних їм віртуальних машин, шт.	0	2
Загальна кількість резервних копій окремих віртуальних машин, шт.	1	8

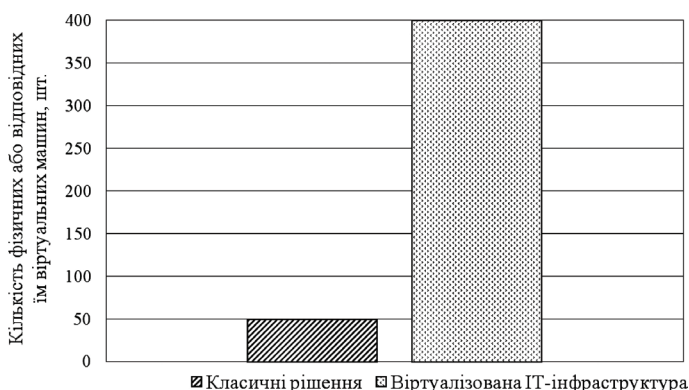


Рис. 10. Максимально можлива кількість екземплярів робочих місць чи серверів, або їх копій у відповідності до місця на дисках

Проаналізувавши одержані результати, можна сказати, що використання засобів віртуалізації значно підвищує рівень відмовостійкості систем автоматизації.

Також до побічних ефектів можна віднести значний економічний ефект від впровадження більш надійних систем. Слід зазначити, що на рис. 10 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 [16]). 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 (рис. 7–9).

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.

Під «легкою міграцією» мається на увазі те що, маючи копію всієї системи автоматизації її достатньо лише перенести та розгорнути на новому місці.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Застосування засобів віртуалізації при проектуванні та експлуатації сучасних систем автоматизації має низку переваг над традиційними системами, до яких відносяться нижче перелічені.

- Відсутність технічної складності. Завдяки використанню штатних елементів операційних систем

Windows, зокрема MS Hyper V, реалізація запропонованих засобів не несе ніякої технічної складності.

- Економічна ефективність (табл. 1). Застосування даного рішення дає змогу значно зменшити витрати пов'язані з апаратним забезпеченням робочих станцій та серверів.

- Гнучкість. Використання засобів віртуалізації дозволяє використовувати єдину консоль керування для адміністрування, створення, масштабування та перенесення програмної інфраструктури.

- Надійність. Оскільки віртуалізація дозволяє інтегрувати традиційні системи автоматизації, очевидно, що програмна надійність даних систем гарантовано не нижче, а в більшості випадків вище (рис. 6–9).

Weaknesses. До слабких сторін дослідження відносяться:

- Високі вимоги до кваліфікації спеціалістів, які будуть розгортати віртуалізоване середовище для систем автоматизації.

- Наявна високонадійна локальна обчислювальна мережа для забезпечення нормальної роботи віртуальних машин.

- Необхідність придбання спеціалізованого програмного забезпечення (Microsoft Windows Server, VMWare VSphere, Citrix і т. д.).

Завдяки використанню штатних елементів операційних систем Windows, зокрема MS Hyper V, реалізація запропонованих засобів не несе ніякої технічної складності.

Opportunities. Дослідженнями була підтверджена можливість інтегрувати системи автоматизації, які базуються на віртуалізованому середовищі, з системами оцінювання техногенних ризиків та традиційними системами автоматичного керування. Тому наступним етапом розвитку запропонованих ідей в рамках практичної реалізації є розробка механізму побудови та впровадження систем керування та автоматизації технологічними процесами на базі платформи віртуалізації. Також, розглядається інтеграція попередньо розробленого програмного забезпечення для прогнозування технічних ризиків з системою керування та автоматизації технологічних процесів Experion PKS від компанії Honeywell.

Threats. Враховуючи результати проведених досліджень, можна зауважити, що до складнощів впровадження відносяться:

- Необхідність проведення техніко-економічної експертизи систем, що вже використовуються на підприємстві.

- Висока зайнятість та низька кількість фахівців, що необхідні для проектування та впровадження даного підходу у експлуатації (в тому числі наявність специфічного інженерного ресурсу).

8. Висновки

1. Показано, що можливості програмно-апаратної реалізації віртуалізованої інфраструктури дозволяють їх використання при експлуатації традиційних систем автоматизації. Поєднання використання методів теорії гнучкості і надійності з можливостями програмно-апаратної віртуалізації, дозволить значно зменшити рівень техногенної небезпеки працюючих виробничих та промислових комплексів. Це очевидно відображено у дослідженнях роботи – кількість віртуальних машин

у 8 разів перевищує реалізацію з використанням традиційних підходів (табл. 2).

2. Реалізація запропонованого підходу у відповідності до можливостей сучасної обчислювальної техніки не несе ніяких додаткових складнощів. Це підтверджується тим, що при віртуалізації серверів та робочих станцій Honeywell було використано звичайний персональний комп'ютер (об'єм оперативної пам'яті 16 Гб, чотирих-ядерний процесор AMD з тактовою частотою 2.5 GHz). Найскладнішим елементом використання даних технологій є відносно високі вимоги до кваліфікації персоналу, та його обізнаності у технічних та експлуатаційних складових систем автоматизації та засобів віртуалізації.

3. Підтверджено економічну доцільність та можливість побудови систем автоматизації на базі віртуалізованої IT-інфраструктури. За наведеними реальними даними стосовно вартості рішень підтверджено, що вартість віртуалізованої системи на 47,7 % менша за традиційну (мається на увазі вартість комп'ютерного обладнання). Також підтверджено нормальну роботу програмного забезпечення для керування технічними системами.

Література

1. Haebleren, T. Cloud Computing Benefits, risks and recommendations for information security [Electronic resource] / T. Haebleren, L. Dupre. – European Network and Information Security Agency (ENISA), December 2012. – Available at: \www/URL: https://resilience.enisa.europa.eu/cloud-security-and-resilience/publications/cloud-computing-benefits-risks-and-recommendations-for-information-security/at_download/file
2. Биченок, М. М. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі [Текст] / М. М. Биченок, С. П. Іванюта, Є. О. Яковлев; Інститут проблем національної безпеки Ради національної безпеки і оборони України. – Київ, 2008. – 160 с.
3. Бондаренко, С. Г. Комп'ютерно-мікропроцесорна система керування технологічними процесами [Текст] / С. Г. Бондаренко, Д. О. Скорецький // Комп'ютерне моделювання в хімії і технологіях та системах сталого розвитку – КМХТ-2016: збірник наукових статей П'ятої міжнародної науково-практичної конференції, 18-20 травня 2016 року, м. Київ. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – С. 50–56.
4. Вавулін, П. А. Аналіз алгоритму визначення функції розподілу випадкової величини для прогнозування техногенного ризику [Текст] / П. А. Вавулін, Т. В. Бойко // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2016. – № 2/3 (28). – С. 17–23. doi:10.15587/2312-8372.2016.66754
5. Sinnamon, R. M. Quantitative Fault Tree Analysis Using Binary Decision Diagrams [Text] / R. M. Sinnamon, J. D. Andrews // Journal European des Systemes Automatises. – 1996. – Vol. 30, № 8. – P. 1051–1071.
6. Galante, E. Risk Assessment Methodology: Quantitative HazOp [Text] / E. Galante, D. Bordalo, M. Nobrega // Journal of Safety Engineering. – 2014. – Vol. 3, № 2. – P. 31–36. doi:10.5923/j.safety.20140302.01
7. Saguy, I. S. Challenges and opportunities in food engineering: Modeling, virtualization, open innovation and social responsibility [Text] / I. S. Saguy // Journal of Food Engineering. – 2016. – Vol. 176. – P. 2–8. doi:10.1016/j.jfoodeng.2015.07.012
8. Kertesz, A. An interoperable and self-adaptive approach for SLA-based service virtualization in heterogeneous Cloud environments [Text] / A. Kertesz, G. Keckemeti, I. Brandic // Future Generation Computer Systems. – 2014. – Vol. 32. – P. 54–68. doi:10.1016/j.future.2012.05.016
9. Babiceanu, R. F. Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook [Text] / R. F. Babiceanu, R. Seker // Computers in Industry. – 2016. – Vol. 81. – P. 128–137. doi:10.1016/j.compind.2016.02.004
10. Тюрин, В. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами [Текст]: учеб. пособ. / В. А. Тюрин. – СПб: Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия, 2006. – 153 с.
11. Hegazy, T. Industrial Automation as a Cloud Service [Text] / T. Hegazy, M. Hefeeda // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. – 2015. – Vol. 26, № 10. – P. 2750–2763. doi:10.1109/tpds.2014.2359894
12. Chandramouli, R. Analysis of Protection Options for Virtualized Infrastructures in Infrastructure as a Service Cloud [Text] / R. Chandramouli // Fifth International Conference on Cloud Computing, GRIDS, and Virtualization. – Venice, Italy, 2014. – P. 37–43.
13. Menon, A. Optimizing Network Virtualization in Xen [Electronic resource] / A. Menon, A. L. Cox, W. Zwaenepoel // In Proceedings of the annual conference on USENIX'06 Annual Technical Conference. – USENIX Association, 2006. – Available at: \www/URL: https://www.usenix.org/legacy/event/usenix06/tech/menon/menon_html/paper.html
14. Hashizume, K. An analysis of security issues for cloud computing [Text] / K. Hashizume, D. G. Rosado, E. Fernandez-Medina, E. V. Fernandez // Journal of Internet Services and Application. – 2013. – Vol. 4, № 5. – P. 15–28. doi:10.1186/1869-0238-4-5
15. Медведев, Р. М. Программно-технический комплекс для управления водно-химическим режимом второго контура АЭС [Текст] / Р. М. Медведев, О. В. Сангинова, А. А. Евтушенко, С. Л. Мердх // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 2/10 (44). – С. 33–36. – Режим доступа: \www/URL: <http://journals.urau.ru/eejet/article/view/2775>
16. Balaji, P. Impact of high performance sockets on data intensive applications [Text] / P. Balaji, J. Wu, T. Kurc, U. Catalyurek, D. K. Panda, J. Saltz // High Performance Distributed Computing, 2003. Proceedings. 12th IEEE International Symposium On. – Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2003. – P. 1–10. doi:10.1109/hpdc.2003.1210013

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛИЗИРОВАННОЙ ИТ-ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Исследованы возможные способы повышения уровня отказоустойчивости систем автоматизации и управления производственным процессом с использованием современных информационных технологий. Предложенная в работе методика объединяет применение аппаратных средств и программно-технологических решений в области виртуализации как базовой платформы для построения информационной инфраструктуры систем автоматизации технологических объектов. Виртуализация позволяет создавать копии программно-аппаратных сред систем автоматизации.

Ключевые слова: система автоматизации, виртуализация ИТ-инфраструктуры, гипервизор, тонкий клиент.

Вавулін Петро Андрійович, аспірант, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Україна, e-mail: lestatxa81@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7299-2262>

Бойко Тетяна Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Україна, e-mail: tvbojko@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9710-8055>