

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”  
Завідувач кафедри кібербезпеки  
та програмного забезпечення  
д.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Олексій СМІРНОВ  
“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2026 р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**  
на тему  
**“Програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з**  
**використанням стандарту 10Base-T1”**

Виконав здобувач вищої освіти  
IV курсу, групи КІ-22-1  
ОПП «Комп’ютерна інженерія»  
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»  
\_\_\_\_\_ Шаповалов М.В.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

Керівник проекту  
кандидат технічних наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Буравченко К.О.  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.  
Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Факультет Механіко-технологічний  
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення  
Освітній ступінь бакалавр  
Галузь знань 12 "Інформаційні технології"  
Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"  
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерна інженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
д.т.н., проф.  
\_\_\_\_\_ Олексій СМІРНОВ  
« 27 » лютого 2026 року

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Шаповалову Максиму Володимировичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1*

2. Керівник роботи *Буравченко Костянтин Олегович, канд. техн. наук, доцент*  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 133-02 від 27.02.2026 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту *23.05.2026 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

*1. Призначення та область використання.*

*2. Перегляд аналогічних існуючих систем.*

*3. Опис і обґрунтування проектних рішень.*

*4. Етапи програмування системи.*

*5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.*

*6. Висновки*

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*Структурна схема системи* *1 аркуш*

*Функціональна схема системи* *1 аркуш*

*Діаграма процесів* *1 аркуш*

*Блок-схема алгоритму роботи додатку* *2 аркуша*

7. Дата видачі завдання « 27 » лютого 2026 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти | Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти | Примітка |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1.    | Аналіз існуючих систем                                                                      | 10.03.2026 р.                                                                                         |          |
| 2.    | Постановка задачі, оформлення ТЗ                                                            | 15.03.2026 р.                                                                                         |          |
| 3.    | Розробка моделі компонента                                                                  | 20.03.2026 р.                                                                                         |          |
| 4.    | Розробка структур даних                                                                     | 25.03.2026 р.                                                                                         |          |
| 5.    | Розробка алгоритмів зв'язку та відображення                                                 | 30.03.2026 р.                                                                                         |          |
| 6.    | Програмування алгоритмів                                                                    | 10.04.2026 р.                                                                                         |          |
| 7.    | Оформлення ПЗ                                                                               | 17.04.2026 р.                                                                                         |          |
| 8.    | Попередній захист роботи                                                                    | 23.05.2026 р.                                                                                         |          |
|       |                                                                                             |                                                                                                       |          |
|       |                                                                                             |                                                                                                       |          |
|       |                                                                                             |                                                                                                       |          |
|       |                                                                                             |                                                                                                       |          |

Дата видачі завдання  
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_

Буравченко К.О.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання  
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис здобувача

\_\_\_\_\_

Шаповалов М.В.  
(прізвище та ініціали)

## **АНОТАЦІЯ**

**Шаповалов М.В. Програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.**

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

Метою розробки є програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

Результат роботи – програмна реалізація системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

**Ключові слова:** комп'ютерна інженерія, 10Base-T1

## ABSTRACT

**Shapovalov M.V. Software for an inter-machine communications system using the 10Base-T1 standard. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.**

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software has been developed, which is intended for an inter-machine communications system using the 10Base-T1 standard.

The purpose of the development is software for an inter-machine communications system using the 10Base-T1 standard.

The result of the work is a software implementation of an inter-machine communications system using the 10Base-T1 standard.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with software are provided.

The program can be used on PCs with Windows 10/11.

The program is developed in the Python environment.

**Keywords:** computer engineering, 10Base-T1

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ .....                                                                                                               | 2  |
| ВСТУП.....                                                                                                                                                                  | 3  |
| 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ .....                                                                                                                                 | 4  |
| 1.1 Призначення системи.....                                                                                                                                                | 4  |
| 1.2 Область застосування.....                                                                                                                                               | 4  |
| 2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ .....                                                                                                                                | 7  |
| 2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти..... | 7  |
| 2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....                                                                                            | 32 |
| 2.3 Розгорнута постановка завдання .....                                                                                                                                    | 35 |
| 3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ .....                                                                                                                               | 37 |
| 3.1 Опис функціонування системи .....                                                                                                                                       | 37 |
| 3.2 Розробка структурної схеми.....                                                                                                                                         | 42 |
| 3.3 Розробка функціональної схеми .....                                                                                                                                     | 51 |
| 3.4 Розробка діаграми процесів.....                                                                                                                                         | 54 |
| 4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....                                                      | 57 |
| 4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....                                                                                                       | 57 |
| 4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....                                                                                                                       | 74 |
| 5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ .....                                                                                                                      | 77 |
| 6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                                     | 84 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                                                                                            | 86 |

|             |                 |                 |              |             |                                                                                            |              |              |                |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|----------------|
|             |                 |                 |              |             | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b>                                                           |              |              |                |
| <b>Вим.</b> | <b>Арк.</b>     | <b>№ докум.</b> | <b>Підп.</b> | <b>Дата</b> | Програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1 | <b>Лім.</b>  | <b>Аркуш</b> | <b>Аркушів</b> |
| Розроб.     | Шаповалов М.В.  |                 |              |             |                                                                                            | Б            | 1            | 93             |
| Перев.      | Буравченко К.О. |                 |              |             |                                                                                            |              |              |                |
| Н.контр.    | Коваленко А.С.  |                 |              |             |                                                                                            | ЦНТУ КІ-22-1 |              |                |
| Затв.       | Смірнов О.А.    |                 |              |             |                                                                                            |              |              |                |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

|            |   |                                                                                           |
|------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 Base-T1 | – | Стандарт однопарного Ethernet                                                             |
| АСУД       | – | Автоматизована система управління й диспетчеризації                                       |
| АСУБ       | – | Автоматизована система управління будинком                                                |
| ЄДЦ        | – | Єдиний диспетчерський центр                                                               |
| ІТ         | – | Інформаційні технології                                                                   |
| ПЗ         | – | Програмне забезпечення                                                                    |
| СКС        | – | Структуровані кабельні системи                                                            |
| ЦДБ        | – | Цифровий двійник будинку                                                                  |
| ЦОД        | – | Центр обробки даних                                                                       |
| АСР        | – | Automation Collaborative Platform – Єдина Платформа Автоматизації                         |
| AWG        | – | American Wire Gauge – Американський стандарт калібру проводів                             |
| IEEE       | – | Institute of Electrical and Electronics Engineers                                         |
| ІоТ        | – | Інтернет речей                                                                            |
| ISO        | – | International Organization for Standardization – Міжнародна організація по стандартизації |
| PoDL       | – | Power over Data Lines                                                                     |
| PoE        | – | Power over Ethernet                                                                       |
| ROI        | – | Коефіцієнт повернення інвестицій                                                          |
| TIA        | – | Telecommunications Industry Association – Асоціація телекомунікаційної індустрії          |

## ВСТУП

**Актуальність теми.** 10BASE-T1S – це новаторський стандарт фізичного рівня (PHY) Ethernet, який фундаментально переосмислює наш підхід до низькошвидкісних мереж на коротких відстанях. Будучи частиною стандарту IEEE 802.3cg, ратифікованого у 2019 році, він забезпечує Ethernet зі швидкістю 10 Мбіт/с по одній витій парі проводів, підтримуючи як топології «точка-точка», так і багатоточкові шини без необхідності використання комутаторів.

На відміну від традиційного Ethernet, який зазвичай використовує чотири або вісім проводів, 10BASE-T1S забезпечує повнодуплексний зв'язок лише по двох проводах, що робить його революційним для застосувань з обмеженим простором та чутливих до вартості.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

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

- Огляд існуючих систем міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Дослідження системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Програмна реалізація системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

**Практична цінність отриманих результатів** полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 3    |

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Призначення системи

Розроблені інститутом інженерів електротехніки й електроніки (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) протоколи Ethernet для передачі даних по однопарному кабелі UTP або STP (100 Base-T1 і 1000 Base-T1) розраховані на міжмашинні комунікації, автомобільну автоматизацію й промислові застосунки.

Стандарт 802.3bp 1000 Base-T1 регламентує передачу трафіку Ethernet по збалансованій кручений парі зі швидкістю 1 Гбіт/с на відстань від 15 до 40 м. Стандарт 802.3bw 100 Base-T1 описує передачу даних по збалансованій кручений парі зі швидкістю 100 Мбіт/с на відстань до 15 м.

Системи на основі «однопарних» стандартів дозволяють, крім іншого, зменшити вагу пасивного мережного устаткування на транспортних об'єктах і, відповідно, знизити їхні енерговитрати й вплив на навколишнє середовище. За даними компанії Harting, вага однопарного кабелю, призначеного для передачі даних зі швидкістю 1 Гбіт/с, майже на 30% менше в порівнянні із традиційними чотирьохпарними кабельними структурами.

Однопарний Ethernet відповідає також тенденції мініатюризації, що не менш важливо в цей час, оскільки у всіх галузях промисловості устаткування стає усе більше компактним. Як відомо, раніше були потрібні дві кручені пари для 100-мегабітних комунікацій Fast Ethernet і чотири для Gigabit Ethernet.

## 1.2 Область застосування

### Однопарний Ethernet для Інтернету речей

Зростаючий інтерес до всіх видів промислової автоматизації, що відповідно до сучасних підходів припускає, як правило, об'єднання в мережі

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 4    |

об'єктів, наділених певним інтелектом, стимулює створення кабельних систем нового покоління.

Чималу роль грає застосування технології Інтернету речей у промисловості. Для багатьох вона асоціюється винятково з мобільними комунікаціями. У значній мірі це відбувається під впливом численних конференцій, публікацій і обговорень, організованих операторами зв'язку, зацікавленими у використанні своєї інфраструктури для розгортання IoT.

Дійсно, мобільні технології досить перспективні для застосунків автоматизації, особливо якщо об'єкти розподілені по значній площі. Проте середовище й засоби передачі даних не є визначальними компонентами рішень для Інтернету речей.

Принципова відмінність систем IoT від традиційних комплексів автоматизації полягає в здатності систем, розгорнутих на базі Інтернету речей, надавати й обробляти значні обсяги даних, формувати на цій основі відомості для прийняття управлінських рішень і застосунків предиктивної аналітики.

Все це виявляється можливим завдяки двом основним факторам. По-перше, з'явилися недорогі мініатюрні датчики й виконавчі пристрої, які постачені мережними інтерфейсами, що володіють необхідної для систем IoT функціональністю. По-друге, для систем автоматизації сьогодні доступні високопродуктивні обчислювальні ресурси, які розміщуються в граничних міні-ЦОД, центральних центрах обробки даних і обчислювальних хмарах.

По оцінках аналітиків, до 2027 року інвестиції в Інтернет речей досягнуть 6,2 трлн доларів, з них 2,3 трлн доларів буде витрачено на промислову автоматизацію. У результаті обробки даних комплексами IoT очікується зниження тимчасових і операційних витрат, у тому числі за рахунок підвищення надійності й предиктивного технічного обслуговування устаткування.

Провідні компанії, що працюють в області промислової автоматизації, розглядають системи на базі IoT як еволюційний розвиток розроблених раніше технологій, продуктів і рішень. Для багатьох підтримуваних ними застосунків

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 5    |

потрібні традиційні провідні комунікації. І тут на допомогу приходить універсальна комунікаційна технологія Ethernet, нова реінкарнація якої враховує специфіку комплексів IoT.

Для комунікації таким системам потрібні мережі передачі даних з невеликою пропускнуою здатністю, тому що підключені до них прикінцеві пристрої формують короткі (по кілька байтів даних) повідомлення, яких до того ж небагато, – вони передаються по запитах контролерів або ініціюються зовнішніми подіями.

Однак в інфраструктурі Ethernet для систем IoT необхідно усунути певні обмеження, властиві традиційним структурованим кабельним системам. До них ставиться недостатнє для ряду застосунків автоматизації відстань, на яку передаються дані: у стандартних СКС цей показник не перевищує 100 м.

У комплексах управління комерційними будинками й фізичною безпекою, приміром, застосовуються рішення, у яких довжина з'єднань більше 100 м. У мережах промислової автоматизації довжина каналів зв'язку може досягати 1 км, що теж не підтримується діючими стандартами Ethernet. Разом з тим для живлення прикінцевих пристроїв найчастіше досить подачі по комунікаційних кабелях невеликої потужності.

Всі ці вимоги враховуються розроблювачами нового «однопарного» стандарту Ethernet, розрахованого на застосунки автоматизації й системи на базі Інтернету речей.

Відповідно, у даній роботі технологія 10 Base-T1 буде застосовуватися для інтелектуальних будинків.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 6    |

## 2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

**2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**

### **Цифрова трансформація експлуатації комплексів будинків і споруджень**

Інтерес до цифрової трансформації експлуатації будинків і споруджень обумовлений як світовою тенденцією, так і представленою концепцією «розумного міста». Поворот держави у бік цифровізації й енергоефективності дав прекрасні можливості вітчизняним компаніям, що займаються інтеграцією, налаштуванням і обслуговуванням інженерних систем, створювати інтелектуальні рішення, спрямовані на підвищення безпеки й енергоефективності експлуатації комплексу інженерних систем. Однією з таких компаній є HMPS, уже 10 років працююча в сфері автоматизації будинків і накопичувша досвід і статистику результатів впровадження інтелектуальних систем.

#### **Архітектура проекту ICONICS для кампусу Microsoft**

Відповідно до статистики компанії Green Cities California, 41% всієї електроенергії в США споживають інженерні системи будинків (обігрів, охолодження, освітлення). На думку експертів компанії, цифровізація й впровадження систем моніторингу й аналітики для перекладу роботи на рівень «екологічний будинок» (green building) допомагає скоротити витрати по енерговитратах до 23%. Відповідно до цього тренда провідні західні компанії вже не перший рік проводять трансформацію в сфері експлуатації комплексів будинків.

Одним з яскравих прикладів такої трансформації є проект компанії ICONICS по моніторингу будинків кампусу Microsoft у м. Редмонд (США), що

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 7    |

обіцяє скоротити витрати по управлінню цими будинками на мільйони доларів. Впровадження пілотного проекту на трьох будинках показало відмінні результати – економію енергії на 10%, а також скорочення витрат на технічне обслуговування й комунальні послуги. Після підрахунку коефіцієнта повернення інвестицій (ROI) по пілотному проекті Microsoft з'ясував, що строк окупності проекту склав усього 9 місяців. При цьому замовник одержав можливість вести диспетчеризацію всього, що відбувається на території впровадженого проекту, і одержувати повну інформацію в режимі онлайн про те, як функціонують будинку. Було ухвалене рішення розгорнути систему на всі будинки кампусу. Сьогодні територія кампусу охоплює 125 будинків, футбольне поле й площадку для крикету, кілометри дерев'яних пішохідних доріжок і 1,38 кв. км офісного простору з лабораторіями. Всі інженерні системи цієї території тепер функціонують як єдина система.

До проекту компанія Microsoft використовувала розрізнені системи управління будинками для контролю 30 000 одиниць незв'язаного сенсорного устаткування. У будинках спостерігався повний дисонанс даних, і аналізувати їх у єдиному ключі було просто неможливо. Це проблема, з якої зіштовхуються багато компаній, особливо в державному секторі: застаріле обладнання вважається не здатним на енергоефективне функціонування. Виникло запитання: краще замінити все устаткування або спробувати зменшити енергоспоживання за допомогою технічного програмного рішення?

Вибір був зроблений на користь нового аналітичного рішення на базі ICONICS, що при інтеграції змогло надати всю необхідну інформацію про будинки. Лавини даних стікалися в центр управління кампусом і відкривали інженерам ока на всі, починаючи з неощадливого графіка включення освітлення до надзвичайно неефективних (однак раніше непомічених) воєн за підтримку температур між кондиціонерами й нагрівачами. Інженери більше не піднімаються на дахи, не перевіряють насосні й не дивляться під стельові плити – тепер вони витрачають 95% часу тільки на інженерію. У міру того як будинки заводилися в

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 8    |

мережу й з'являлися дані, формувалося так зване цільове середовище для рішення проблем. Раніше інженери переходили від будинку до будинку, витрачали на кожне по двох тижня підряд, щоб оглянути його досконально й налаштувати, перш ніж переходити до наступного. У них би пішло п'ять років, щоб налаштувати всі будинки кампусу, і потім вони робили б це знову й знову. Їхнього налаштування дозволяли будинкам функціонувати ефективніше, що щорічно заощаджувало компанії біля \$250 тис. Однак нове інформаційне цільове середовище допомогло їм заощадити в шість разів більше.

### **Українська сучасна дійсність**

Необхідність побудови комплексної автоматизованої системи складних об'єктів уводить у дію правила для інженерних систем будинків висотою більше 55 м і функціональних груп будинків, які необхідно оснащувати системами зв'язку, сигналізації, автоматизації й диспетчеризації. Архітектура, що вводиться, АСУД (автоматизована система управління й диспетчеризації) повинна забезпечувати централізований моніторинг, являючи собою гнучку, вільно програмувальну розподілену систему.

Крім наявності системи диспетчеризації, необхідно враховувати індекс інтелекту програмного рішення, що вводиться. Повинне рости число міст, управління якими здійснюється за допомогою інтеграції інформаційних і комунікаційних смарт-технологій.

Зросли й вимоги замовників – як до глибини автоматизації інженерних систем, так і до функціональних можливостей таких систем: кількості збираємих даних, звітам, аналітиці, прогнозуванню, мобільним версіям системи, інтеграції з корпоративними системами. Замовникові вже необхідна не просто система моніторингу, а платформа, що забезпечує можливість інтелектуальної обробки даних, контроль всіх подій і дій персоналу. Така система повинна інтегруватися не тільки з усім устаткуванням, але й з інформаційними системами замовника. При цьому вона повинна бути простій у використанні й сучасної: цьому сприяють поліпшене юзабіліті, 3D-технології й повноцінні застосунки для

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 9    |

мобільних пристроїв. Київська компанія-інтегратор HMP5 провела аналіз існуючих на ринку рішень для побудови «розумних» АСУД, проаналізувала приклади західних і вітчизняних впроваджень і дійшла висновку, що програмні інструменти GENESIS64 від ICONICS оптимально підходять для побудови розподілених систем управління комплексами будинків. Розглянемо переваги цих інструментів.

По-перше, сучасні будинки – це складні комплексні об'єкти, де кількість інженерних систем і їхню насиченість вимагають адекватного управління й супроводу, що неможливо реалізувати без розвинутої і надійної інформаційної системи. ICONICS є одним зі світових лідерів ринку програмних рішень для побудови єдиних центрів автоматизації й диспетчеризації на базі сучасної 64-бітної платформи й сфокусовано на надійній роботі розподілених архітектур.

По-друге, все частіше в проектах побудови централізованих АСУД потрібне об'єднання в одну систему раніше розрізнених інформаційних підсистем. Воно необхідно для підвищення ефективності й оперативності управління, поліпшення адміністрування системи і її розвитку. Інтегрована система єдиного управління повинна вміти обмінюватися даними об бізнес-процесах, що дає можливість виявляти закономірності й будувати складні прогностичні моделі. Інженерні системи в таких проектах потрібно інтегрувати з інформаційними продуктами класу ERP (SAP, OEBS, 1C), Service Desk, спеціалізованими обліковими системами управління експлуатацією, CRM. ICONICS GENESIS64 підтримує роботу моніторингу/читання або запису/сміни за відкритими стандартами ІТ-систем автоматизації будинків, у тому числі OPC UA/OPC Classic, BACnet/IP, Modbus/IP, TCP/IP, SNMP. Крім того, через модуль ICONICS BridgeWor доступні транзакції до більшості існуючих на ринку інформаційних систем класу ERP.

По-третє, розвиток технологій дає можливість вибрати рішення, що буде функціонувати й удосконалюватися разом з об'єктом автоматизації протягом мінімум п'яти років, тому ICONICS намагається впливати актуальним

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 10   |

технологічним трендам. На українському ринку автоматизації в технічному завданні все частіше стали з'являтися словосполучення: «інтеграція BIM-моделі», «готові застосунки для мобільних пристроїв», «прогнозний моніторинг устаткування», «функції доповненої реальності», «аналітичні форми для управління енергоефективністю». Всі ці функції підтримуються в програмних рішеннях ICONICS, що дає конкурентні переваги інтеграторам і замовникам.

### **Навіщо будинку потрібний цифровий двійник**

Фактично при створенні системи автоматизації на програмних продуктах ICONICS мова йде про формування віртуального аналога реального об'єкта – цифрового двійника будинків (ЦДБ). Такі системи поєднують інформаційні й експлуатаційні технології й базуються на застосуванні «Інтернету речей» (IIo), хмарних технологій, аналітики більших даних.

Залежно від виду діяльності підприємства, призначення об'єктів, акцент може бути зроблений на тій або іншій функціональності системи. Наприклад, для аеропортів і банків це насамперед безаварійна й безвідмовна робота інженерних систем, а для агрохолдингів і адміністративних будинків, де успішно функціонують окремі системи пожежної безпеки, – це підвищення енергоефективності роботи систем.

Як правило, мотивами створення таких систем є:

– Підвищення часу безаварійної роботи. Сучасний інструментарій розробки й засобу моніторингу дозволяють на ранніх етапах побачити відхилення в роботі інженерних систем і попередити їхнє виникнення. По досвіду компаній, що вже впровадили систему предикативного аналізу, відбувається зниження кількості інцидентів до 70%, незапланований простій устаткування скорочується до 35%. Як наслідок, зменшуються витрати на усунення аварій і інцидентів.

– Безпека. Це те, що дуже важко виміряти в грошах, адже ціна помилки – життя й здоров'я людей. Для багатьох компаній, де штат команди експлуатації оптимізований, а інформаційна система для моніторингу інженерних систем і попередження інцидентів відсутній, – це істотний аргумент. У першу чергу

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 11   |

організується оперативний контроль роботи інженерних систем, далі розробляється механізм раннього виявлення й попередження інцидентів у роботі інженерних систем.

– Зниження вартості підтримки й розвитку системи. Розвиток функціонала інформаційної системи й повноцінна підтримка (наприклад, гаряче резервування) досить витратний захід, і нести такі витрати доцільно для дійсно важливих для компанії систем. До того ж багато компаній не в змозі розвивати існуючі системи моніторингу, написані, як правило, на різних платформах, і такі системи або функціонують самі по собі й не є затребуваними, або морально застаріли.

– Функціональність ЦДБ може створюватися й тиражуватися з меншими витратами відразу для всіх об'єктів, оптимізуючи загальну вартість впровадження. Як засоби розробки ЦДБ вибирають єдину програмну платформу, на основі якої розробляється додаток з універсальними формами, шаблонами, застосовними для всіх об'єктів. Надалі нові будинки, інфраструктурні об'єкти підключаються до вже працюючої системи. Ефект від централізованої розробки системи й супроводу об'єктів особливо відчужено для групи об'єктів і дозволяє заощадити 20-40% бюджету в порівнянні з індивідуальною розробкою для кожного з об'єктів.

– Уніфікація устаткування. У процесі експлуатації єдина система робить збір даних про роботу інженерії, виявляє найбільш підходящі моделі/виробників устаткування для того, щоб на наступних об'єктах закладати в проекти добре зарекомендував себе устаткування й рішення. Це допомагає уникнути витрат на ремонти, а також оптимізувати складські запаси ЗИП і витрати на пошук і навчання персоналу для роботи з різним устаткуванням. Єдина система моніторингу й аналітики також виявляє «чорні списки» проблемного устаткування й формує автоматичні завдання на виключення застосування даних моделей на об'єктах замовника в майбутньому.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 12   |

– Зниження витрат на адміністрування процесу експлуатації. Адміністрування підрядників. Процес адміністрування роботи підрядних організацій, як правило, вимагає заповнення чималої кількості паперових журналів, що часом дублюють один одного, звітів, ручного фіксування фактів усунення інцидентів, часу їхнього усунення, початих дій і відповідальних виконавців. Більшу частину процесів можна реалізувати в єдиній системі, у тому числі використовуючи засобу об'єктивного контролю, одержуючи дані прямо з об'єкта, а не по дзвінку від підрядника. Як показує наш досвід, реальна економія від автоматизації цього процесу може досягати 80%.

– Підвищення якості управління. Достовірна, повна й оперативна інформація про роботу об'єктів, наявність аналітичної звітності й прогнозів дають керівництву більше повну базу для прийняття обґрунтованих рішень.

### **Користувачі системи**

Єдина система моніторингу й аналітики, на відміну від класичних систем автоматизації й диспетчеризації, може інтегруватися по бізнес-процесам і даним з корпоративними інформаційними системами, наприклад ERP, CRM, Helpdesk. У підсумку користувачами системи стають:

– Керівники – їм надаються аналітичні звіти й дані для прийняття рішень, пов'язаних з підвищенням енергоефективності, стійкості роботи інженерного устаткування, статистика по усуненню інцидентів і аварій, виконання регламентів.

– Фінансисти – одержують дані енерговитрат по видах і центрах їхнього виникнення, контроль і прогнозування лімітів споживання, виявлення розбіжностей між виставленими рахунками й фактичним споживанням.

– Експлуатація – щоденний робочий інструмент, що дозволяє здійснювати моніторинг, локалізацію й запобігання інцидентів, формування потреби в ремонтах і обслуговуванні на підставі фактичних даних.

– Фахівці ІТ – відповідають за моніторинг працездатності ЦОД, серверних.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 13   |

## Цифровий двійник будинків: базовий функціонал

Процес впровадження ЦДБ відбувається, як правило, поетапно й багато в чому залежить від поточного ступеня автоматизації об'єктів, планів по модернізації устаткування, першочергових потреб організації як по економії ресурсів, так і по забезпеченню безперервності роботи. До базових і необхідних функцій ЦДБ можна віднести:

- Моніторинг інженерних систем. Об'єднання різнорідних інженерних систем об'єктів у єдину систему для зручності обслуговування й експлуатації. Одержання інформації про позаштатні ситуації в режимі реального часу для можливості їхнього попередження й усунення.

- Енергомоніторинг. Включає збір інформації з видів споживаних ресурсів, місця споживання, здійснює моніторинг і аналіз сезонних коливань, оперативно виявляє розбіжності між споживанням і виставленими рахунками від постачальників ресурсів, сигналізує про перевищення лімітів споживання, виявляє несанкціоновані підключення.

- Комплексна діагностика. Розробка алгоритмів для тестування інженерних систем, наприклад включення резервних вузлів у випадку відмови основного устаткування.

- Звітність. Формування звітності для різних користувачів системи (керівництво, начальник служби, інженери, фінансові служби й ін.).

- Документування. Централізоване зберігання актуальної документації й можливість її відправлення відповідальним фахівцям (виконавча документація, паспорти устаткування, інструкції з ремонту й регламенти). Ведення й аналіз балок роботи систем.

Розширений функціонал доцільно впроваджувати після нагромадження показників по роботі устаткування, умов виникнення інцидентів, тобто створення великого масиву даних, якому можна аналізувати й формувати правила й логіку для попередження інцидентів.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 14   |

До розширеного функціонала можна віднести:

- Діагностику інцидентів. Автоматичне визначення можливих причин виникнення інцидентів із процентною ймовірністю кожної із причин.
- Предикативний аналіз. Розробка функцій, технологій і алгоритмів, що дозволяють аналізувати поточну й історичну інформацію у відповідності із взаємозалежними симптомами/причинами, накопиченими в системі. Застосування алгоритмів з обчислення ймовірності виникнення несправностей і надання рекомендацій зі списком можливих причин відмов, з імовірністю їхнього виникнення.
- Аналітикові як інструмент підтримки прийняття рішень і виявлення проблемних ділянок.
- Візуалізацію об'єкта. Відображення на 3D-моделі роботи інженерних систем у реальному часі для більше наочного подання локалізації об'єкта й причин інцидентів.
- Засоби доповненої реальності. Можливість віртуального «огляду» схованих інженерних систем – їхнього розташування, зв'язку із суміжними системами.

### **Український досвід побудови ЦДБ**

Єдина система моніторингу, управління й аналітики була впроваджена інтегратором HMPS в об'єкті одного із провідних київських девелоперів. У даний момент система перебуває в промисловій експлуатації, але як і раніше постійно розвивається: відбувається підключення нових житлових комплексів, розробляються нові модулі, пов'язані із предикативним аналізом роботи устаткування, формуються плани розвитку.

Об'єкт являє собою мережу житлових комплексів різного класу, розташованих по всій території Києва. Це більше двох десятків будинків, інженерні системи яких реалізовані на різноманітному устаткуванні, як вітчизняному, так і закордонному.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 15   |

Єдиний диспетчерський центр (ЄДЦ) є верхнім рівнем системи управління будинками й поєднує в одну мережу локальні диспетчерські пункти всіх житлових комплексів. Система забезпечує контроль стану й параметрів життєво важливих інженерних систем, своєчасне одержання інформації про аварії/відхиленнях від заданих параметрів і прийняття автоматичних мір, що компенсують. Збір даних здійснюється із всіх житлових комплексів у режимі реального часу. У міру нагромадження інформації про роботу інженерії відбувається доналаштування аналітичних модулів.

До ЄДЦ, виконаному на базі платформи ICONICS, підключені всі основні інженерні системи: загальнобмінна вентиляція, холодопостачання й кондиціювання, електропостачання, електроосвітлення, технічний облік енергетичних ресурсів, пожежогасіння, противодимна вентиляція, водопостачання й каналізація, ліфтове устаткування.

Основними показниками результатів впровадження ЄДЦ на даному етапі є:

- Збільшення оперативності реагування на інциденти при роботі інженерних систем і, як наслідок, підвищення технічної безпеки житлових комплексів. Відображення порядку (інструкції) дій при критичних аваріях.
- Скорочення витрат на технічну експлуатацію об'єктів за рахунок оптимізації кількості персоналу, його пошуку й навчання роботі з різним устаткуванням, зниження паперового документообігу.
- Скорочення кількості інцидентів за рахунок своєчасного виявлення й усунення попереджень, а також прогнозування аварійних ситуацій; підвищення якості інформації для прийняття управлінських рішень.
- Поліпшення координації між обслуговуючим персоналом.
- Централізоване зберігання проектної й виконавчої документації по об'єктах і по основному інженерному устаткуванню. Доступність актуальної й достовірної документації для служби експлуатації на об'єктах.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 16   |

Як результат, створена сучасна й передова інфраструктура для управління й експлуатації інженерних систем всієї мережі житлових комплексів девелопера.

Особливості проекту:

– Велика розмаїтість локального устаткування й рішень. Кожний з житлових комплексів проектувався й реалізовувався різними підрядниками. Житлові комплекси варіюються від варіанта «стандарт» до класу «клубний будинок». У підсумку система інтегрує устаткування різного класу й виробників, що працює на різних протоколах.

– Інтеграція з корпоративними ІТ-системами. У рамках проекту впроваджена система управління інцидентами: ведення електронних записів від користувачів через телефон, електронну пошту, сайт. Система моніторингу, управління й аналітики інтегрована з нею й на підставі подій, що відбуваються, наприклад, автоматично формує завдання на усунення інцидентів і призначає відповідального за усунення.

– Захищені канали зв'язку. Передача даних між житловими комплексами й центральним офісом здійснюється по VPN-каналах.

– Інтеграція відеопотоку. У систему включена трансляція відеопотоку з реалізованої на житлових комплексах мережі відеокамер.

– Звітність. У системі формуються друковані форми для спрощення звітності й адміністрування підрядників на об'єкті.

– Керівництво до дії. Система надає відповідальним виконавцям на об'єктах доступ до центрального сховища з актуальною інформацією (модель, місце розташування, характеристики й робочі параметри) і документацією (виконавча документація, паспорти устаткування, інструкції з ремонту й регламенти) для локалізації проблеми і її усунення.

– Візуалізація 3D. Для одержання більше наочної інформації, прискорення локалізації несправних ситуацій інженерами й диспетчерами служби експлуатації – об'єкти представлені у вигляді повноцінної 3D-Графіки з відображенням критичних інженерних систем і окремих вузлів.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 17   |

## **Smart BMS Bridge – універсальний інтелектуальний програмувальний відкритий шлюз для автоматизованих систем управління будинком**

У розділі представлений інтелектуальний програмно-апаратний шлюз для автоматизованих систем управління будинком (АСУБ) Smart BMS Bridge, розроблений фахівцями компанії «ФІОРД» на основі продуктів світових брендів Rockwell Automation, Newron System і CompuLab.

Програмна складова Smart BMS Bridge (SBB) побудована шляхом інтеграції технології програмування контролерів ISaGRAF 6 і сервера даних DoMooV, що підтримує основні протоколи систем управління будинками BACnet, LonWorks, KNX, M-Bus, Modbus. Апаратна складова SBB – мініатюрні комп'ютери компанії CompuLab. Закінчене рішення SBB дає можливість системним інтеграторам за допомогою відкритого інструмента скористатися перевагами ведучих у своєму класі продуктів, значно скоротити час, працезатрати, вартість реалізації й впровадження проектів будь-якого ступеня складності.

Отже, у нашій конкретній ситуації зміст терміна «універсальний» полягає в тому, що SBB підтримує весь спектр основних протоколів в області АСУБ (BACnet, LonWorks, KNX, M-Bus, Modbus). «Інтелектуальність» полягає в тому, що кінцевий користувач за допомогою базових програмних інструментів SBB може реалізувати рішення практично будь-якого ступеня складності, а також використовувати вже убудовані в SBB алгоритми для роботи в області АСУБ (водопостачання, освітлення, каналізація, електрика й ін.). У термін «програмувальний» вкладається простий зміст: наявність в SBB засобів підтримки різних мов програмування, причому відповідним міжнародним стандартам. І, нарешті, під терміном «відкритий» (розширюваний) ми розуміємо можливість розроблювачів, системних інтеграторів і OEM-виробників додавати свої функціональні можливості, орієнтовані на конкретний проект або предметну область. Саме сполучення цих чотирьох складових

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 18   |

(універсальність+інтелект+програмуємість+відкритість) виділяє SBV серед аналогічних продуктів на ринку.

З погляду користувача, програмне забезпечення (ПЗ) для конфігурування SBV являє собою надбудову над ISaGRAF 6 Workbench [1–6] у складі Єдиної Платформи Автоматизації (Automation Collaborative Platform, ACP), у яку вбудована підтримка DoMooV – інтегрованої програмної платформи для управління набором найпоширеніших відкритих протоколів BMS, а в перспективі також ZigBee, Z-Wave, Dali, C-Bus. Нагадаємо також, що ISaGRAF – це технологія розробки застосунків для програмувальних логічних контролерів у стандарті IEC 61131-3, у якому визначені п'ять мов програмування: IL (Instruction List – «Список інструкцій»), ST (Structured Text – «Структурований текст»), LD (Ladder Diagram – «Східчаста діаграма»), FBD (Function Block Diagram – «Діаграма функціональних блоків»), SFC (Sequential Function Chart – «Послідовна функціональна діаграма»). У якості апаратної складової BMS обрані мініатюрні комп'ютери компанії CompuLab – fit-PC2i, fit-PC3, Intense PC (мал.1) і uSVR, які досить докладно описані в недавньої розділі [9], тому тут ми не будемо докладно зупинятися на них. Відзначимо тільки, що вибір на користь цих пристроїв пояснюється їхньою надійністю, багатими функціональними можливостями, малим розміром і мінімальним енергоспоживанням, розширюваністю. Важливим для користувача аспектом є можливість вибору однієї із чотирьох пропонованих апаратних платформ SBV залежно від вимог конкретного проекту. Всі можливі конфігурації SBV можна подивитися на сайті <http://shop.fiord.com>.

Приведемо основні можливості, які буде забезпечувати SBV:

- підтримка протоколів BACnet, Modbus, M-Bus, LonWorks і KNX;
- прозорий доступ і функції шлюзу між різними мережами;
- створення прикладних програм на мовах стандарту IEC 61131-3 і 61499 для динамічної обробки даних і управління пристроями різномірних мереж у рамках єдиного проекту за допомогою єдиного інструментарію;

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 19   |

- підтримка режиму гарячого резервування SBB;
- підтримка розподілених конфігурацій контролерів, датчиків і виконавчих пристроїв у рамках єдиного проекту, що включає трохи SBB із центральним диспетчерським пунктом або без нього;
- зв'язування (binding) входів і виходів декількох SBB;
- архівування даних в SBB на самому пристрої й періодичній передачі архівів у центральну базу даних MS SQL або PostgreSQL;
- локальна (безпосередньо через відеопорт SBB) або віддалена (на комп'ютері) динамічна візуалізація протікання процесу (засіб ISaQT);
- доступ до даних (змінним) SBB через убудований BACnet Server або oBIX Server;
- доступ до даних проекту в режимі реального часу через FDA OPC-сервер, у тому числі при використанні декількох SBB у проекті;
- у перспективі – підтримка функцій планування (SBB Scheduler).

Зупинимося трохи докладніше на програмних компонентах Smart BMS Bridge.

### **Універсальний програмний компонент SBB: ACP і ISaGRAF 6**

Концепція й технологія ACP [1–4] розроблена на основі ISaGRAF [5–6] і створена для обслуговування систем автоматизації (розроблювач – Rockwell Automation). ACP розроблена як середовище, керована за допомогою відкритих модулів, що підключаються – плагінів. ACP являє собою розширюваний шар абстракції із загальним інтерфейсом, що забезпечує уніфіковані функціональні можливості, обирає користувачем. Вона призначена для постачальників засобів автоматизації, OEM-виробників, системних інтеграторів, науково-дослідних інститутів і допомагає проектувальникам ПЗ, дозволяючи їм зосередитися на своїй основній предметній області, а не на системних програмних питаннях інфраструктури рішення. ACP підтримує кілька конкретних моделей автоматизації (Concrete Automation Model, CAM) одночасно, надаючи можливість інтеграції різномірних продуктів у єдине середовище розробки. Дві з конкретних

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 20   |

моделей автоматизації, що входять у базову поставку ACP, забезпечують створення застосунків для виконавчих систем (віртуальних машин, таргетів) ISaGRAF 6&5&3, що працюють на різних апаратних платформах. Процес розробки полягає в створенні проекту, що складає із пристроїв з одним або декількома екземплярами ресурсів. Проекти можуть розроблятися, використовуючи різні мови програмування, включаючи мови стандарту IEC 61131-3 і IEC 61499. Після етапу розробки ресурси компілюються в TIC-код (Target Independent Code) або в програму мовою C.

ACP пропонує повністю готову до використання оболонку (Shell), спеціально розроблену для систем автоматизації, використовуючи інструментарій Microsoft Visual Studio і технологію .Net Framework. Платформа надає всі базові сервіси для взаємодії із продуктами третіх фірм і забезпечує налаштовуваність («кастомізацію») кінцевого рішення. Інакше кажучи, ACP – це середовище для створення рішень по комплексній автоматизації шляхом інтеграції технології ISaGRAF Workbench і компетенції OEM-виробника засобів автоматизації. Саме ця можливість і дозволила фахівцям компанії «ФІОРД» інтегрувати DoMooV у середовище ACP і розробити такий інноваційний продукт, як SBB.

#### **Функціонально-орієнтований програмний компонент SBB: мультипротокольна платформа DoMooV для BMS**

DoMooV – платформа, що уніфікує дані й поведження системи незалежно від протоколу, пристрої або виготовлювача. DoMooV (розробка французької компанії Newton System) базується на об'єктно-орієнтованій моделі, зменшує витрати й поєднує розробку рішень для BMS і для SCADA-систем. DoMooV – це framework, каркас програмної системи на основі .NET (мал. 3), що включає в себе засобу розробки (SDK) для створення користувачем власних централізованих або розподілених застосунків. Мультипротокольний сервер даних DoMooV Dataserver може підтримувати один або кілька движків збору даних для одного або декількох мережних інтерфейсів [7-8].

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 21   |

Мультипротокольний сервер даних DoMooV Dataserver також буде доступний для OS Linux і може бути убудований в апаратні пристрої на основі OS Linux (зараз версія для Linux проходить етап тестування й поки не поставляється користувачам). Багатопротокольні сервери DoMooV OPC і DoMooV BACnet працюють із одним або декількома централізованими або розподіленими серверами даних DoMooV і забезпечують подання даних у форматі OPC або BACnet. Сервери підтримують також функцію шлюзу для обміну даними між протоколами.

Рішення на основі DoMooV включає уніфіковану інформацію для обміну даними: будь-які застосунки (SCADA, корпоративні рішення, HMI і т.п.) можуть обмінюватися інформацією в єдиному уніфікованому форматі через один із серверів: сервер BACnet, сервер OPC або «native» сервер даних DoMooV. Платформа не тільки відкрита на рівні сервера, вона може також розширюватися для роботи з іншими польовими (fieldbus) протоколами. Її внутрішня структура забезпечує просту інтеграцію застарілих або частно-фірмових протоколів з наступним включенням їх у закінчене рішення.

DoMooV пропонує клієнт-серверну архітектуру й для SCADA-систем, і для інструментів управління мережею. SCADA-система може взаємодіяти через базовий (native) інтерфейс DoMooV, BACnet або OPC-сервер. Архітектура масштабується від найпростіших до дуже складних BMS-рішень.

### **Взаємодія ISaGRAF 6 Workbench c DoMooVv Dataserver**

Для взаємодії з DoMooV у складі ACP був розроблений набір модулів, що підключаються, ISaDoMooV. При його допомозі можливе створення керуючої логіки в ISaGRAF з використанням складно організованих різномірних мереж, низькорівневий доступ до яких забезпечується сервером даних DoMooVv. У цей час до складу ISaDoMooV входять два модулі: ISaDoMooV Driver і ISaDoMooV Configurator ISaDoMooV Driver забезпечує безперервне перенесення даних із внутрішніх змінних проекту ISaGRAF на сервер даних DoMooV і назад. ISaDoMooV Configurator виконує дві основні функції – автоматичне створення

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 22   |

змінних у проекті ISaGRAF, які будуть прив'язані до раніше зконфігурованих точок даних DoMooV, і створення конфігураційного файлу, що містить необхідну для роботи драйвера інформацію про відповідність цих змінних і точок даних DoMooV. Користувачеві надається можливість вибору необхідних змінних і вказівки, у якому з ресурсів або POU вони повинні бути створені. При запуску ISaDoMooV зчитує конфігураційні файли DoMooV змінних, вузлів і мереж LON, BACnet, KNX, Modbus і зберігає конфігураційну інформацію у внутрішній базі даних ISaGRAF (про це буде йти мова нижче).

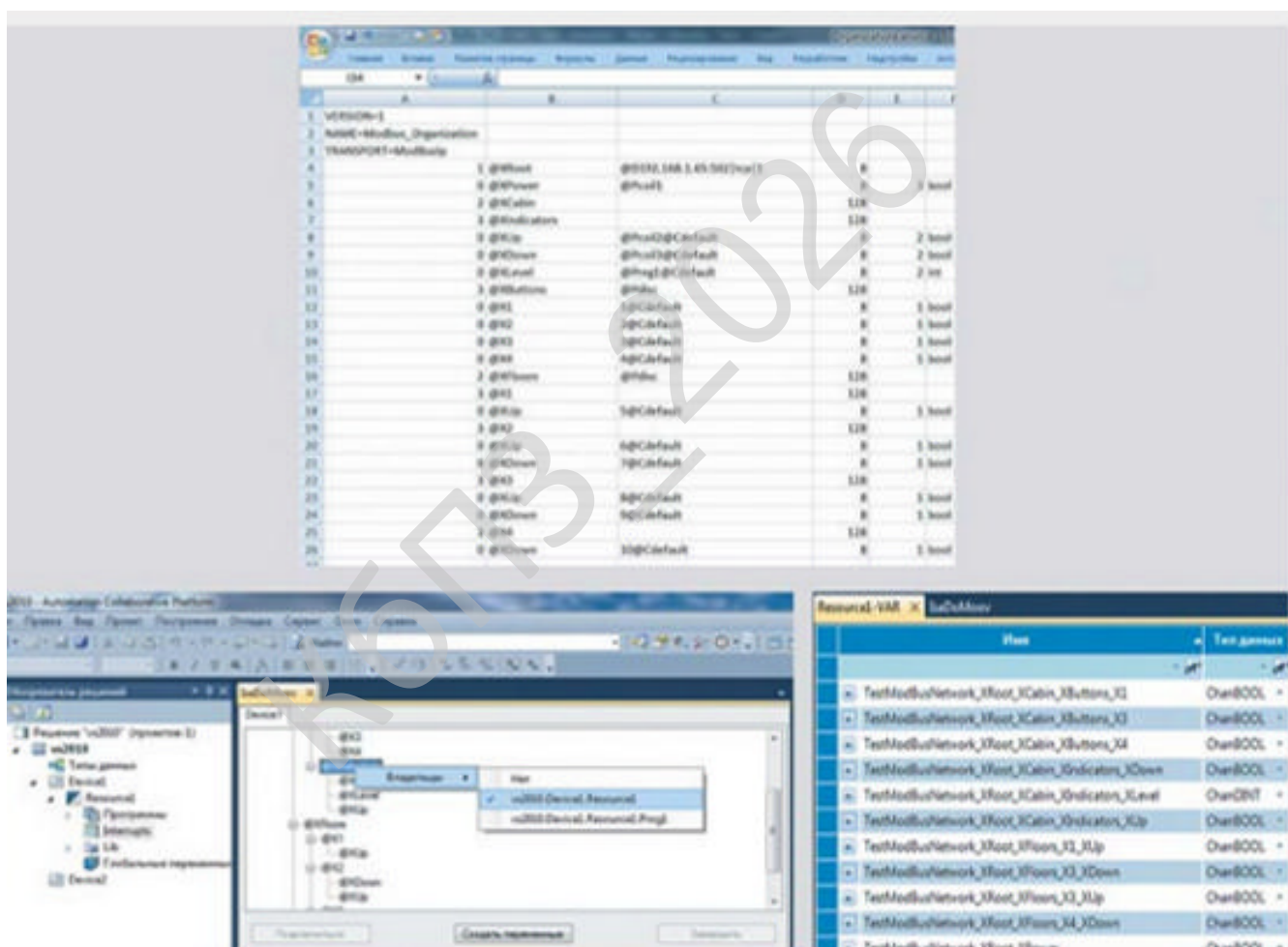


Рисунок 2.1 – Приклад подання даних Modbus у конфігураторе ISaDoMooV і в DoMooV

Відзначимо, що формування конфігураційних файлів DoMooV має на увазі використання спеціалізованих сервісних програм для конкретного протоколу: наприклад, LonMaker або NL220 для LonWorks. Після імпорту «мережних» змінних DoMooV у проєкті ISaGRAF з ними можна робити всі припустимі операції. Розроблений проєкт виконується цільовою системою й дозволяє здійснювати автоматичне регулювання й обробку даних, візуалізувати і архівувати зміни значень змінних, передавати дані реального часу OPC-серверам або SCADA-пакетам. Таким чином, можна встановлювати зв'язку між змінними (об'єктами) вузлів різних мереж і з диспетчерськими пунктами в рамках розподілених АСУ різного призначення.

### **ISaQT: графічний інтерфейс для SBB**

Модуль ISaQT для ISaGRAF дозволяє користувачеві мати графічний інтерфейс на контролері. ISaQT взаємодіє з виконавчою системою (таргетом) ISaGRAF по швидкому протоколі FDA, використовуючи бібліотеку віддаленого клієнта FDA. Тому ISaQT може виконувати візуалізацію змін даних у реальному часі як локально на самому контролері, так і віддалено, з іншого комп'ютера. ISaQT може взаємодіяти з декількома контролерами одночасно, тому можна робити візуалізацію не тільки автономної, але й розподіленої системи автоматизації. ISaQT уже реалізований під Linux і під Windows. Для створення мнемосхем використовується програма Qt Creator, що формує інтерфейс мовою QML 2, а мовою JavaScript формується динамічна складова. Програма Qt Creator – кросплатформна вільна IDE для розробки на C, C++ і QML у рамках фреймворка Qt. Сформований файл інтерпретується програмою ISaQT. У результаті користувач одержує графічний інтерфейс на контролері.

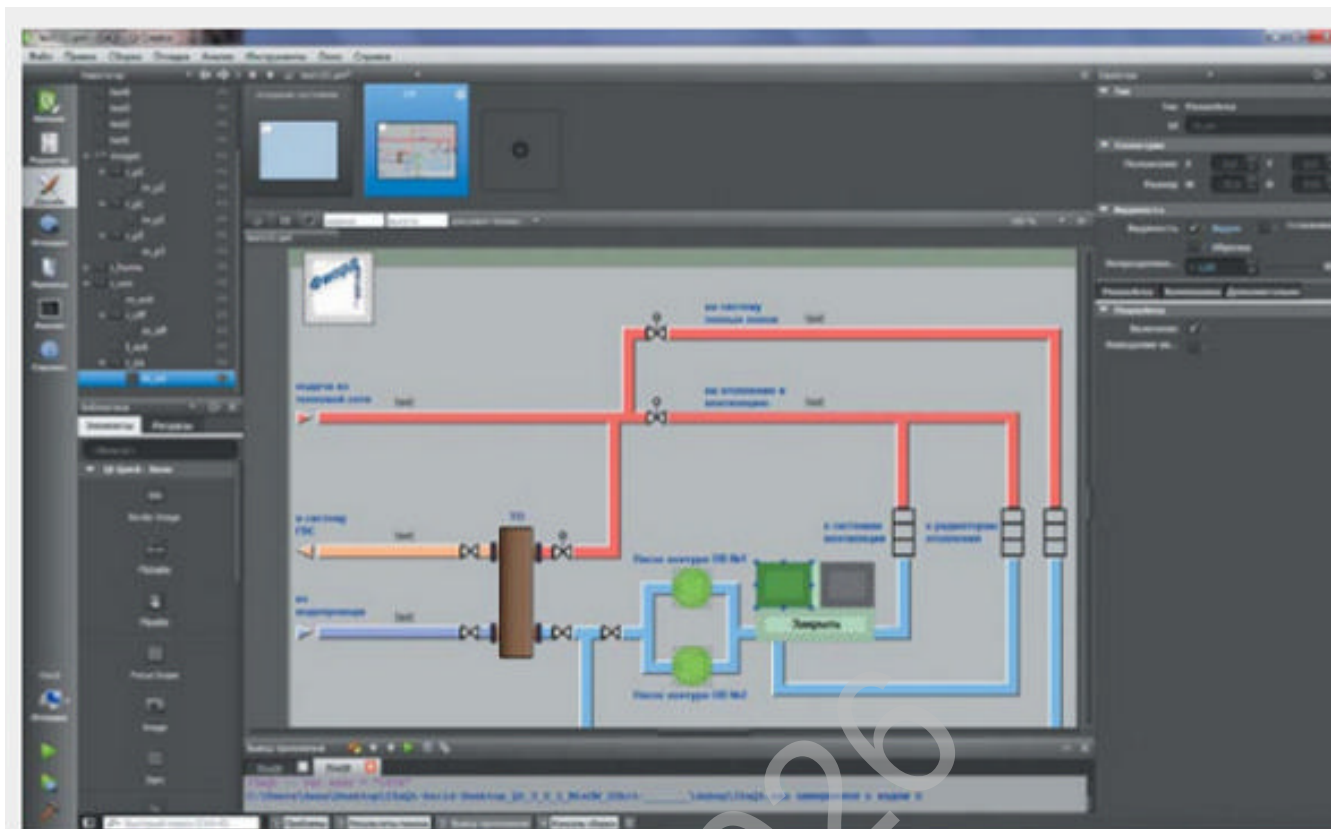


Рисунок 2.2 – Приклад графічного інтерфейсу на SBB

### Режим резервування й відновлення (Failover) для SBB

В ISaGRAF 6 реалізована підтримка режиму резервування й відновлення після відмови (Failover), що потенційно може використовуватися в проектах з використанням SBB. Відновлення після відмови – це режим роботи, при якому функції системи управління приймає на себе вторинна система управління (у тому випадку, коли головна система стає недоступною через відмову устаткування або при запланованому простої). Використання цієї функції підвищує відказостійкість системи управління. Функція відновлення після відмови в SBB дає можливість користувачам модифікувати систему управління й міняти умови, при яких контролер одержує або втрачає управління. У режимі Failover середовище ISaGRAF реалізує наступні ключові можливості: ненаголошений перехід на резервну машину, робота з будь-яким типом POU (SFC, FBD, LD, ST, 61499), автоматичне завантаження проекту (одночасно на первинну й вторинну

станцію), автоматичне перемикання з Workbench на потрібну станцію в режимі налагодження, автоматичне перемикання OPC-серверів.

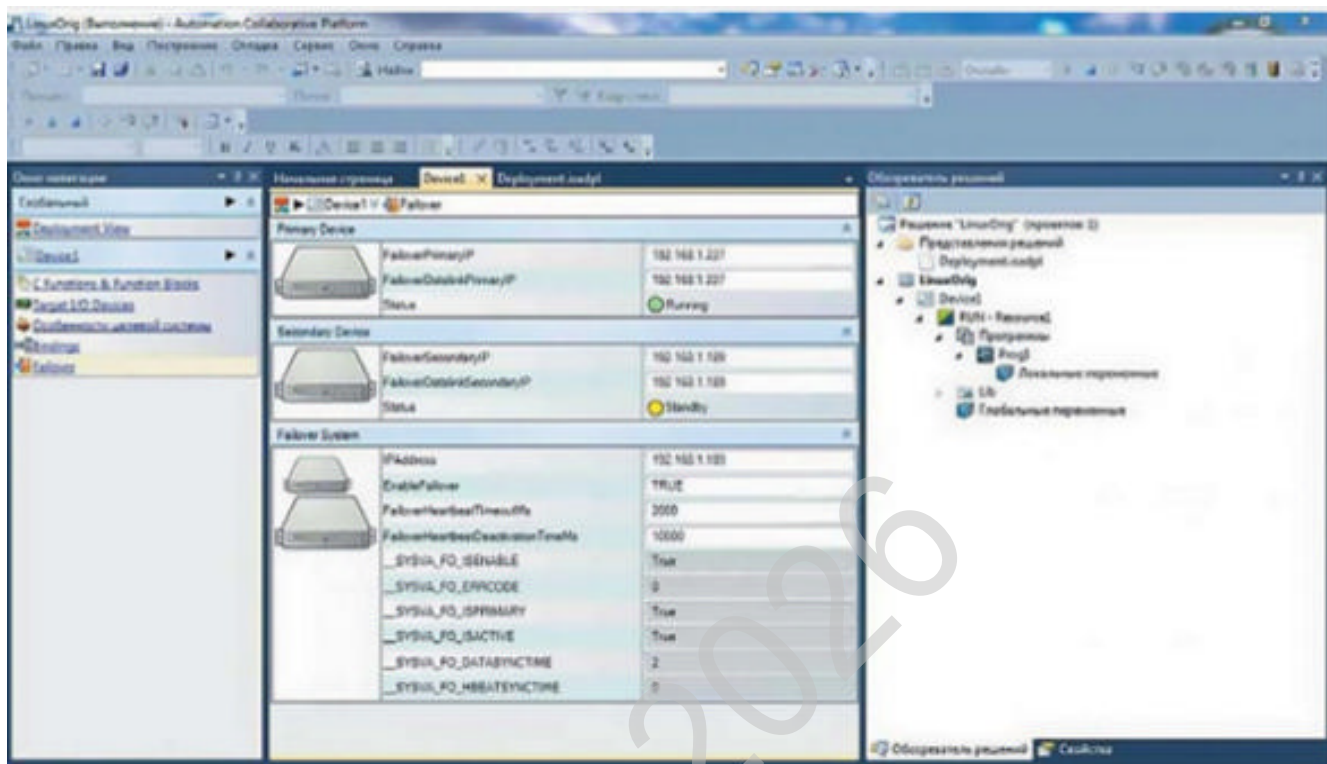


Рисунок 2.3 – Приклад проекту ISaGRAF з підтримкою режиму гарячого резервування

Розглянемо реалізацію режиму Failover у ядрі виконавчої системи ISaGRAF. Після завантаження додатка на активний контролер автоматично виконується його передача на резервний контролер. Обидва контролери починають паралельно виконувати те саме додаток. Вхідні зміни передаються з основного контролера в резервний перед кожним циклом виконання. Наприкінці кожного циклу виконується перевірка за обчисленою контрольною сумою, щоб гарантувати цілісність даних і результатів. У випадку розбіжності на резервний контролер передається вся область даних активного (основного) контролера. При збої на активному контролері резервний контролер стає активним (основним) і починає управляти процесом. Для зв'язку між основним і резервним контролером

за замовчуванням використовується мережа TCP/IP, але можуть бути використані й іншої мережі (послідовний канал, UDP, оптоволокно). Допускається налаштування умови, при якому відбувається зміна основного контролера. Конфігурування Failover складається з установки наступних параметрів: IP-адреса, номер порту й значення тайм-аутів.

Фахівці компанії «ФІОРД» провели тестування режиму гарячого резервування.

Умови тестування:

- 85 тис. змінних користувача;
- 4 тис. вхідних змінних;
- обсяг ТІС-коду дорівнює 247 кбайт;
- розмір буферів зв'язку 64 кбайт;
- основний контролер працює під управлінням ОС Windows 7, резервний – під управлінням VMware ОС Windows XP.

Результати тестування: час циклу 1 мс із відключеним режимом Failover, час циклу 13 мс із включеним режимом Failover і повною синхронізацією даних (88102 байта у двох фреймах), час циклу 6 мс із включеним режимом Failover і частковою синхронізацією даних (4127 байт в одному фреймі).

### **Розподілена система архівування даних SBB**

Система архівування ISaGRAF Archive System (IAS) призначена для ведення архівів історичних даних на контролерах із цільовою системою ISaGRAF (у тому числі SBB), збору накопиченої інформації в єдину архівну базу й подальший аналіз архівних даних. Система IAS являє собою трирівневий комплекс програмних компонентів.

IAS Logger – нижній рівень розподіленої системи ведення історичних даних IAS. Він призначений для нагромадження архівних даних, що поставляються цільовою системою ISaGRAF, і збереження їх на диску контролера, а також для забезпечення доступу до збережених даних локально або по мережі Ethernet по запитах верхнього рівня. Підсистема реалізована у вигляді

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 27   |

віртуального пристрою ISaGRAF і включає також сервіс обробки запитів на видачу даних і управління архівами, призначений для транспортування даних локальних архівів на сервер по запитах останнього. Налаштування підсистеми здійснюється за допомогою конфігураційних файлів, що містять перелік архівуємих змінних і задаваних для кожного ресурсу ISaGRAF. Для кожної змінної може бути заданий поріг чутливості для запобігання запису в архів «дребезга» змінної. Налаштування IAS Logger дозволяють також обмежувати максимальний розмір дискової бази локального контролера, при цьому при заповненні відведеного простору нові дані записуються замість старих. Таким чином, система може зберігати актуальні архівні дані, накопичені протягом певного тимчасового відрізка.

IAS Configurator – конфігуратор системи архівування, призначений для імпорту проектів ISaGRAF у базу даних SQL (MS SQL або PostgreSQL), налаштування змінному, підлягаючому архівуванню, формування конфігураційних файлів і завантаження їх у відповідні контролери. Конфігуратор також створює скрипти, що дозволяють автоматизувати процес викачки архівних даних з контролерів і їхній імпорт у базу даних SQL. Основне призначення компонента – віддалене конфігурування системи ведення локальних архівів, зручний сервіс для конфігурування більших систем, заміна «ручного» конфігурування.

IAS Collector – система збору архівних даних з контролерів, запис даних у текстові файли або в базу даних MS SQL Server, PostgreSQL. IAS Collector використовується для віддаленої доставки архівів у базу даних, централізованого збору архівів від різних джерел у єдину базу даних.

### **Інтелектуальний готель на базі ПЗ WebAccess**

Завдання створення інтелектуального будинку звичайно ставиться на самому ранньому етапі планування в процесі проектування. Наділяючи будинку інтелектом, ми одержуємо цілий ряд переваг. Приклади тому – сучасний п'ятизірковий Pullman Beijing South Hotel і 13-поверховий будинок штаб-

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 28   |

квартири міжнародної комп'ютерної компанії, широко відомої своїми унікальними дослідженнями, розробками й виробничими процесами.

### **Інтелектуальний готель**

Pullman Beijing South Hotel перебуває під управлінням французького оператора мережі готелів Accor Group і розташований у самому центрі нового економічно й технологічно розвиненого району Пекіна. Готелю була потрібна центральна система управління широким спектром спеціалізованих підсистем, включаючи систему охолодження, управління теплообмінниками, а також системи моніторингу кондиціювання й стани повітря в приміщеннях, системи подачі й витяжки повітря, системи водопостачання й водовідводу, трансформаторних і розподільних електричних установок, а також ліфтів. При цьому всі польові пристрої повною мірою розподілені по всьому обсязі готелю, включаючи самі віддалені ділянки. Інтелектуальна система моніторингу повинна мати можливість підключення до всіх необхідних вузлів за допомогою комунікаційної мережі, а також підтримувати функції розподіленого управління й віддаленого моніторингу стану систем. Творці готелю хотіли одержати вигідне сполучення системи адміністрування будинку й інтелектуальної системи управління для організації комфортної й теплої атмосфери в житлових приміщеннях і зниження витрат на матеріальні й енергетичні ресурси.

### **Опис системи**

В готелі застосовується автоматизована система управління будинком серії BAS від компанії Advantech, що містить у собі програмне забезпечення моніторингу високого рівня WebAccess, BASPro – середовище логічного програмування DDC-контролерів серії BAS-3000, контролер BAS-3500, а також різні модулі розширення, призначені для ефективного контролю й управління електромеханічними пристроями в будинку готелю. Системи моніторингу готелю містять у собі систему охолодження, кондиціювання й освіження повітря, подачі й витяжки повітря, водопостачання й водовідводу.

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 29   |

## Моніторинг системи охолодження

Система охолодження готелю містить у собі морозильну установку з насосом, що проохолоджує камеру з насосом, компенсаційний бак, а також клапан перепаду тиску. Централізована система моніторингу обмінюється даними з морозильним блоком у режимі реального часу за допомогою інтерфейсу Modbus і одержує інформацію про його робочий стан. При цьому управління різними польовими пристроями в рамках приміщення з устаткуванням виконує польовий контролер.

## Моніторинг системи кондиціонування й подачі свіжого повітря

Вимоги до обслуговуючих систем п'ятизіркового готелю набагато вище, ніж до стандартних готелів з малою кількістю зірок. Робота Pullman Beijing South Hotel прямо залежить від центральної системи моніторингу, що контролює стан всіх підключених пристроїв. Значення температури й вологості в приміщеннях, отримані за допомогою різних прецизійних датчиків, дозволяють польовому DDC-контролеру регулювати роботу системи подачі й зволоження повітря, розташованої в пункті кондиціонування. Це гарантує підтримку необхідної температури, вологості й інших показників стану повітря.

## Моніторинг системи подачі й відводу повітря

Від централізованої системи моніторингу залежить також процес подачі й відводу повітря в готелі. Вона дозволяє відслідковувати робочий стан витяжних блоків, одержувати інформацію про автоматичні або ручні зміни режиму роботи вентиляторів, а також включати/виключати вентилятори якщо буде потреба. Якщо система почне працювати в позаштатному режимі, то вона передасть стан польових пристроїв за допомогою комунікаційної мережі на екрани моніторів центрального пункту управління, а також забезпечить голосові сигнали тривоги для залучення уваги операторів. Крім того, критично важливі дані можуть бути надруковані у вигляді звіту.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 30   |

## Моніторинг системи подачі й відводу води

Подача й відвід води також залежать від централізованої системи моніторингу, що дозволяє відслідковувати стан наступних компонентів: низький і високий рівні тривог водойми й бака запасу води, що тече стан і сигнали тривог насосів подачі води, низька й висока межі рівня води в накопичувальних баках, поточний стан і сигнали тривог водяного насоса відводу води.

### «Розумна» штаб-квартира

Зовсім недавно міжнародній комп'ютерній компанії потрібна була інтелектуальна система автоматизації для штаб-квартири на Тайваневі, яка б дозволяла здійснювати моніторинг і автоматизоване управління 13-поверховим будинком. Цей проект дозволив об'єднати всіляке устаткування за допомогою потужних функціональних можливостей комунікаційної мережі. Конструкція цієї системи була спрямована на досягнення максимального заощадження енергоресурсів: кожний поверх будинку оснащений устаткуванням для автоматичного моніторингу й управління, системи електропостачання встановлюють спеціальний розклад, що визначає час включення й вимикання пристроїв, а ефективна система безпеки знижує кількість необхідних людських ресурсів. Крім того, замовникові було потрібно простої в застосуванні програмне забезпечення, що дозволяє управляти численними підсистемами одночасно.

### Опис системи

Система автоматизації в цілому складається з наступних підсистем:

- система контролю температури з відображенням даних у вигляді графіків і їхньою реєстрацією;
- система захисту з контролем доступу, що генерує сигнали тривог у випадку виникнення порушень;
- цифрова система відеоспостереження, що працює 24 години на добу;
- енергосистема, що виконує функції енергозбереження;
- парковочна система, що забезпечує авторизований доступ за допомогою зчитування карт.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 31   |

## ПЗ WebAccess

Програмне забезпечення WebAccess на базі веб-технологій дозволяє операторам одержати можливість віддаленого моніторингу й управління системою автоматизації будинків за допомогою стандартного веб-браузера. Всі дані відображаються в режимі реального часу у вигляді графіків, що обновляються, або анімації. Крім того, існує можливість відображення відео на одному екрані із графічними даними, сигналами тривоги і лініями графіків. Потужні інтеграційні можливості ПЗ дозволяють не тільки скоротити необхідні людські ресурси, але й знизити витрати на електроенергію, щоб максимально швидко одержати повернення своїх інвестицій.

WebAccess підтримує відкриті інтегровальні компоненти, такі як Active X, HTML-світи, імпорт графічних зображень, DDE, OPC, ODBC I/F, а також скрипти JAVA/TCL/VB, які дозволяють системним інтеграторам легко розробляти інтерфейси для кожної підсистеми й формувати повноцінну інтелектуальну систему автоматизації будинку.

## 2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Python – високорівнева мова програмування, яку називають другою за популярністю в світі. Її використовують для розробки вебзастосунків, програмного забезпечення, машинного навчання. Python застосовують для вирішення робочих завдань у компаніях Google, Instagram, Facebook, IBM, NASA, Dropbox, Netflix та інших. Розробники цінують цю мову програмування за простоту у вивченні, ефективність та мультиплатформність.

Python – скриптова мова програмування з досить простим синтаксисом. Для розуміння достатньо порівняти принципи написання найпростішої програми, яка виводить на екран текстове повідомлення. Саме тому мова програмування Python більш доступна для новачків, а професіонали встигли адаптувати її для

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 32   |

вирішення великої кількості завдань. Це мультиплатформне рішення, тому знання Python дає можливість працювати у різних сферах: від розробки мобільних застосунків до ігрової індустрії та штучного інтелекту.

У мови програмування динамічна типізація: є можливість передавати до функцій будь-який тип даних без попереднього вказання. Інтерпретованість дозволяє знаходити помилки у коді ще до повної збірки у робочий застосунок. При цьому Python дуже чітко дає зрозуміти, де та через що виникла помилка.

Це мова об'єктноорієнтованого програмування (ООП). Програмне забезпечення на Python оформлене у вигляді моделей, які можуть бути зібраними у пакети. Тип та структуру кожного об'єкта можна запитати під час виконання програми. Для кожного з об'єктів можна отримати всю інформацію щодо його внутрішньої структури. Окрім того:

- у мови логічний синтаксис, завдяки чому вихідний код легко читати та розуміти;
- гнучкість та масштабованість Python дозволяє адаптувати високорівневу логіку та розширяти складні застосунки, як тільки виникне така необхідність;
- розробка на Python у більшості випадків проходить швидше, ніж на інших мовах програмування;
- Python – інтерпретована мова програмування. Це значить, що код можна написати у будь-якому текстовому файлі на будь-якій платформі, і потім успішно запустити;
- у Python – колосальна спільнота однодумців. Тож будь-які складнощі конкретних розробників вирішуються колективно.

Проте є декілька особливостей, які можна віднести до недоліків. Це повільність (ця мова програмування хоч і універсальна, проте повільніша за інші), велика кількість ресурсів, необхідних для роботи та «прив'язаність» до системних бібліотек.

Мова програмування Python використовується у наступних сферах:

1. Розробка програмних застосунків будь-якого напрямку.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 33   |

2. Розробка серверної частини мобільних застосунків (найпопулярніший напрямок).

3. Ігри. Багато сучасних ігор для комп'ютерів (наприклад, World of Tanks) частково чи повністю написані на Python.

4. Вбудовані системи для різних пристроїв. Дуже часто Python використовують для написання внутрішніх платформ управління банкоматами.

5. Скрипти та плагіни до уже реалізованих програм для автоматизації процесів чи створення інших рішень.

6. Тестування (автоматизація цього процесу).

7. Машинне навчання. – основна мова для написання алгоритмів і аналітичних застосунків у сфері Machine Learning.

### **Бібліотеки Python**

Різні бібліотеки Python використовують для виконання конкретних завдань. Наприклад, Matplotlib підходить для відображення даних у двовимірній та тривимірній графіці. Pandas підходить для зручної роботи з даними. NumPy дозволяє створювати масиви та керувати ними. Requests використовується для веброзробки. OpenCV-Python відкриває можливості для обробки зображень з метою оптимізації систем «машинного зору».

### **Найвідоміші фреймворки для мови програмування Python**

Фреймворки Python допомагають створити зручне та функціональне середовище для розробки. У них міститься набір інструментів, модулів та бібліотек, корисних для виконання конкретних завдань. Це значно полегшує роботу: наприклад, дає змогу не витрачати час на розписування дій, які повторюються, а використати релевантний інструмент. Тож є можливість позбутися рутинних процесів та сконцентруватися на логіці проєкту.

Серед найпопулярніших фреймворків для Python:

– Django – найстаріший та найвідоміший. Створений для реалізації великих інтерактивних проєктів;

- Pyramid – зручний у налаштуваннях, і дає можливість реалізувати складні нестандартні ідеї;
- Web2py – підходить в першу чергу для вебзастосунків і може використовуватись на будь-яких архітектурах.

### **Популярні Python IDE**

IDE або інтегровані середовища розробки – це програмне забезпечення, яке надає розробникам необхідні інструменти для написання, редагування, тестування та налаштування коду. Для розробки на Python найчастіше використовують IDE PyCharm, IDLE, Spyder та Atom.

## **2.3 Розгорнута постановка завдання**

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 35   |

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

К6ПЗ-2026

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 36   |

## 3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 3.1 Опис функціонування системи

#### Інновації фізичного рівня

10BASE-T1S використовує кодування 4В/5В з диференціальним манчестерським кодуванням (DME), що забезпечує:

- Відновлення годинника з потоку даних.
- Збалансована передача постійного струму.
- Надійна стійкість до перешкод.
- Самосинхронізуючий зв'язок.

РНУ працює на символній швидкості 25 МГц для досягнення пропускної здатності 10 Мбіт/с після накладних витрат кодування.

#### PLCA: Засіб багатоточкової взаємодії

Запобігання колізіям на фізичному рівні (PLCA) – це секретний інгредієнт, який дозволяє кільком пристроям використовувати одну пару проводів:

Як працює PLCA:

1. Призначення координатора: Один вузол виконує роль координатора PLCA.
2. Можливості передачі: Кожен вузол отримує детерміновані часові інтервали.
3. Round-Robin Access: Чесний, передбачуваний доступ до мережі.
4. Без колізій: Усуває традиційні колізії Ethernet.
5. Низька затримка: гарантована максимальна затримка залежно від кількості вузлів.

10BASE-T1S дозволяє створювати нові архітектури для промислового керування:

1. Мережі граничних сенсорних пристроїв.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 37   |

Переваги:

- Спрощене встановлення: один кабельний канал для кількох датчиків.
- Можливість роботи в режимі реального часу: детерміноване планування

PLCA.

- Стандартні протоколи: MQTT, OPC UA через Ethernet.
- Дистанційне налаштування: датчики з IP-адресацією.

Автоматизація будівель:

- Розумні системи освітлення
- Керування та моніторинг окремих світлодіодних світильників.
- Датчики присутності в автобусі спільного користування.
- Датчики збору денного світла.
- Стан аварійного освітлення.
- Контроль опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.
- Зниження вартості встановлення: на 40% порівняно з традиційними

системами.

- Введення в експлуатацію та діагностика на основі IP-адрес.
- Моніторинг енергії для кожної зони.

Сільськогосподарський Інтернет речей:

- Точне землеробство.
- Мережа моніторингу ґрунту: датчики рН, вологості, поживних речовин.
- Управління зрошенням: Приводи клапанів на спільній шині.
- Метеостанції: Кілька датчиків, один кабель.

– Автоматизація теплиць: керування температурою, вологістю, освітленням.

Міркування щодо проектування:

1. Керування пусковим струмом: потрібні схеми плавного пуску
2. Захист від несправностей: перевантаження по струму, коротке замикання, перегрів
3. ЕМІ/ЕМС: належна фільтрація для автомобільної/промислової техніки

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 38   |

4. Опір кабелю: розрахунки падіння напруги є критично важливими

Міркування щодо впровадження

Вибір кабелю

5. Для автомобільної промисловості

– Неекранований: Оптимізований за ціною для коротких протяжностей (<5 м).

– Екранований: застосування з критичними вимогами до електромагнітної сумісності.

– Характеристики кабелю: 100 Ом  $\pm 10\%$ , затухання <65 дБ/км на частоті 12,5 МГц.

6. Для промислового використання

– Промисловий кабель Ethernet: достатня продуктивність Cat 5e

– Гнучкий: Для переміщення

– Маслостійкий: Для суворих умов експлуатації

Нові програми:

1. Автономні транспортні засоби:

– Мережі сенсорного злиття.

– Резервні системи безпеки.

– Комунікаційні шлюзи V2X.

2. Розумні міста:

– Керування вуличним освітленням.

– Мережі датчиків дорожнього руху.

– Моніторинг навколишнього середовища.

– Системи управління паркуванням.

3. Носимі мережі:

– Мережі області тіла.

– Підключення медичних пристроїв.

– Моніторинг спортивних результатів.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 39   |

#### 4. Робототехніка:

- Розподілене керування двигуном.
- Інтеграція датчиків.
- Колаборативна комунікація роботів.

#### Технологічна дорожня карта

2024-2025:

- Фізичні трансформатори другого покоління з меншою потужністю.
- Інтегровані рішення MCU+PHY.
- Стандартизовані роз'єми для промислового використання

2025-2027:

- 25BASE-T1S для вищої пропускної здатності.
- Підтримка мережевих технологій з урахуванням часу (TSN).
- Інтеграція бездротового шлюзу.

2027+:

- Варіанти пластикового оптичного волокна.
- Інтегровані функції безпеки.
- Оптимізація мережі на основі штучного інтелекту

#### Посібник з усунення несправностей

Поширені проблеми та рішення

##### 1. Встановлення зв'язку заборонено:

- Перевірте цілісність кабелю та його замикання (100 Ом).
- Перевірте присутність координатора PLCA.
- Забезпечте унікальні ідентифікатори вузлів.
- Перевірте стабільність живлення.

##### 2. Висока втрата пакетів:

- Зменште довжину кабелю (<15 м багатоточковий).
- Покращення заземлення та екранування.
- Перевірте наявність невідповідностей імпедансу.
- Перевірте довжину огризка (<30 см).

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 40   |

### 3. Втрата синхронізації PLCA

- Забезпечити одного координатора в автобусі.
- Перевірте наявність електромагнітних перешкод.
- Перевірте точність РНУ-годинника ( $\pm 100$  ppm).
- Оновіть прошивку РНУ, якщо доступна.

### 4. Проблеми PoDL

- Розрахуйте падіння напруги залежно від довжини кабелю.
- Перевірте налаштування обмеження струму.
- Перевірте класифікацію PSE.
- Забезпечити належне розв'язання мереж.

10BASE-T1S являє собою зміну парадигми в нашому підході до периферійного підключення. Завдяки передачі справжнього Ethernet до найпростіших датчиків та виконавчих механізмів лише через два дроти, він дозволяє:

- Безпрецедентна простота: одна пара, кілька пристроїв.
- Зниження витрат: на 40-60% нижче, ніж у традиційного Ethernet.
- Зниження ваги: критично важливе для автомобільної та аерокосмічної промисловості.
- Перспективність: Стандартна IP-мережа на межі мережі.
- Детермінований: Гарантована затримка з PLCA.

Для розробників IoT та автомобільної галузі 10BASE-T1S пропонує переконливу альтернативу застарілим польовим шинам та пропрієтарним протоколам. Поєднання простоти, економічної ефективності та сумісності зі стандартним Ethernet позиціонує його як фундаментальну технологію для наступного покоління підключених пристроїв.

У міру розвитку екосистеми з появою більшої кількості кремнієвих варіантів, інструментів розробки та реальних застосувань, 10BASE-T1S готовий стати фактичним стандартом для багатоточкових мереж на короткі відстані в автомобільній, промисловій та IoT-системах.

Перехід від спеціалізованих промислових протоколів до стандартного Ethernet на кожному рівні – від хмари до найпростішого датчика – вже не є далеким баченням, а досяжною реальністю завдяки 10BASE-T1S.

### 3.2 Розробка структурної схеми

10BASE-T1S – це відсутня ланка для досягнення повної Ethernetization периферійних пристроїв в Industry 4.0, автомобільних IVN та розумних будівлях, і може бути підключений до магістральної мережі Ethernet 100/1000BASE-T1, яка сприяє розвитку штучного інтелекту та машинного навчання. Це пояснюється тим, що 10BASE-T1S може бути безпосередньо підключений до існуючого рівня еталонної моделі OSI канального рівня (L2) під рівнем Ethernet MAC, без потреби в неефективних та дорогих шлюзах протоколу. Багатоточкова передача 10BASE-T1S SPE також є найкращим доповненням до передачі "точка-точка" 10BASE-T1L на великі відстані (1 км). У інформаційному документі "Повне Ethernet-рішення для периферійних пристроїв: 10BASE-T1S" буде систематично представлено та досліджено, як 10BASE-T1S працює в промисловості та автомобілях. Ця стаття є першою частиною, яка представить огляд Industry 4.0, регіонального управління автомобілями та повної Ethernetization, а також пов'язаних стандартів.

#### Індустрія 4.0: Приваблива пропозиція

Індустрію 4.0 можна проілюструвати за допомогою низхідної ієрархічної піраміди: штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН), планування, виконання, автоматизація, відстеження, управління запасами, диспетчерський контроль та маршалінг займають перші три рівні заводу. Нижній синій рівень – це заводський цех, де крайові вузли, такі як роботи, виконавчі механізми, рухомі частини, датчики та клапани, виконують виробничу роботу на виробничій лінії.

Три верхні рівні зазвичай взаємодіють через локальну мережу (LAN) типу «точка-точка» (P2P), що працює на гігабітних швидкостях, тоді як заводський цех

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 42   |

взаємодіє через різноманітні багатоточкові мережеві протоколи польових шин, такі як HART, RS-485, Mod-bus, DeviceNet, Profi-bus та CAN тощо, взаємодіючи на кілобітних або мегабітних швидкостях через екрановані або неекрановані виті пари. Це вимагає використання дорогих шлюзів між високошвидкісною локальною мережею та низькошвидкісною заводською мережею, що призводить до фрагментації зв'язку, не кажучи вже про додаткову складність обслуговування програмного забезпечення.

### **Автомобільний зональний контроль та повний Ethernet**

Сучасні автомобілі з двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) та акумуляторними електромобілями (БЕВ) містять до 150 електронних блоків керування (ЕБУ), розподілених по всьому транспортному засобу, які керують такими критично важливими функціями, як рульове керування, гальмування, шасі та силовий агрегат, а також менш важливими функціями, такими як інформаційно-розважальна система та комфорт.

З 1990-х років світова автомобільна промисловість обрала протоколи «багатоточкового» з'єднання CAN, CAN FD, Lin та FlexRay для IVN. Багатоточкове з'єднання означає, що мережеві проводки ЕБУ з'єднані одна з одною за принципом ланцюжкового з'єднання, а топологія «точка-точка» зменшує загальну довжину та вагу кабелю. CAN, CAN FD та FlexRay використовують неекрановану однопарну мідну виту пару. LIN використовує один неекранований мідний дріт, що ще більше зменшує вагу кабелю та безпосередньо знімає «тривогу щодо запасу ходу». Це ключове занепокоєння для клієнтів BEV.

LIN підтримує максимальну швидкість передачі даних 20 кбіт/с, CAN підтримує максимальну швидкість передачі даних приблизно 1 МБ/с, CAN FD підтримує максимальну швидкість передачі даних приблизно 5 МБ/с, а FlexRay підтримує максимальну швидкість передачі даних 10 МБ/с.

Удосконалені системи допомоги водієві ( ADAS ) відповідають за такі комплексні послуги, як попередження про виїзд зі смуги руху, запобігання

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 43   |

зіткненням, адаптивний круїз-контроль, виявлення сліпих зон та допомога при паркуванні. Ці комп'ютери для обробки складних послуг об'єднані в кілька центральних модулів об'єднання, які з'єднані високошвидкісною автомобільною мережею Ethernet P2P SPE з багатогігабітною швидкістю передачі даних для підвищення безпеки водіння.

Для кращого виконання цих складних послуг ADAS, IVN переведено на регіоналізовану електричну/електронну сервісно-орієнтовану архітектуру, де ЕБУ та модулі злиття поділені на передню праву, передню ліву, задню праву, задню ліву та центральну зони.

Як і у випадку з нижнім синім шаром заводу в лівій частині рисунка 1, усі периферійні ЕБУ в автомобільній IVN використовують CAN, CAN-FD, LIN або FlexRay та потребують підключення до автомобільного магістрального шлюзу Ethernet. Як і в Індустрії 4.0, повний Ethernet є логічним рішенням для реалізації цих складних послуг, керованих ADAS. Хоча ЕБУ, пов'язані з простими функціями, можуть продовжувати використовувати традиційні протоколи LIN, CAN та FlexRay, більшість ЕБУ, пов'язаних зі складними послугами, переймуть 10BASE-T1S, якщо не для підвищення ефективності, зниження вартості та зменшення ваги (без шлюзу), то для (існуючих) розширених функцій безпеки, які Ethernet надає «безкоштовно». Кібербезпека має вирішальне значення для автомобільного ринку та буде обговорена пізніше в цьому офіційному документі в рамках безпеки та MACsec.

### **Специфікація IEEE 802.3cg та 10BASE-T1S**

У 2019 році IEEE схвалив специфікацію 802.3cg для мереж зі швидкістю 10 Мбіт/с для промисловості, автомобілів та інтелектуальних будівель. Визначено два нові фізичні рівні:

1. 10BASE-T1L (Стаття 146)
2. 10BASE-T1S (Стаття 147)

10BASE-T1L (або Long Reach) – це специфікація фізичного рівня для локальних мереж Ethernet зі швидкістю 10 Мбіт/с, що передають дані по одній

парі збалансованих проводів у повнодуплексному режимі в топології «точка-точка» (P2P) з відстанню передачі щонайменше 1000 метрів.

10BASE-T1S (або Short Reach) – це специфікація фізичного рівня для локальних мереж Ethernet зі швидкістю 10 Мбіт/с по одній збалансованій парі проводів (зазвичай кабель 26 AWG) з принаймні:

а) Топологія «точка-точка» (P2P), щонайменше 15 метрів у повному дуплексному режимі, або

б) Мінімум 25 м, напівдуплексний режим, по багатоточковій топології, підтримка щонайменше 8 вузлів. Вузли можуть бути підключені до шини зі змішаними сегментами даних або до кінця тупика з максимальною довжиною не більше 10 см.

1. Хоча ці цифри корисні для розуміння приблизних діапазонів, слід зазначити, що вони є лише рекомендаціями для 802.3cg. Залежно від вибору кабелів, роз'ємів, PHY та зовнішніх компонентів, ці обмеження можуть бути перевищені. У розділі специфікацій тексту визначено діапазони для IL/RL, а також імпедансу MDI.

Повний дуплекс означає, що вузол може надсилати та отримувати дані одночасно, а напівдуплексний означає, що вузол може надсилати або отримувати дані, але не одночасно.

Простий спосіб описати 10BASE-T1S – це порівняти його з традиційним Ethernet, показаним праворуч на рисунку 4 нижче. Кожен вузол підключений до інтелектуального комутатора через з'єднання "точка-точка" (P2P) на відстань до 100 метрів. Кожен вузол містить PHY та MAC-адресу. Кожна MAC-адреса містить глобально унікальну 48-бітну адресу. Кадри Ethernet мають розмір від 64 до 1518 байт і включають MAC-адресу джерела та MAC-адресу призначення. Інтелектуальний комутатор запам'ятовує MAC-адресу кожного порту та направляє кадр Ethernet до будь-якого вузла в локальній мережі без конфліктів. Це значно покращує загальну пропускну здатність локальної мережі.

Локальна мережа 10BASE-T1S (Рисунок 4) має аналогічні переваги до

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 45   |

традиційних локальних мереж, де будь-який вузол може надсилати та отримувати кадри Ethernet (не одночасно). Як показано праворуч на Рисунку 5, для створення традиційної локальної мережі Ethernet з 8 вузлами потрібно 16 фізичних модулів (PHY). Локальна мережа 10BASE-T1S з 8 вузлами на Рисунку 4 вимагає лише 8 фізичних модулів (PHY). 10BASE-T1S не тільки зменшує кількість фізичних модулів вдвічі, але й зменшує довжину та вагу кабелів, що використовуються в локальній мережі. Звичайно, швидкість передачі даних традиційного Ethernet значно перевищує 10 Мбіт/с і може досягати 10 Гбіт/с або навіть вище. Але для застосувань, де достатньо пропускної здатності 10 Мбіт/с (тобто нижній рівень Industry 4.0 та більшість периферійних блоків керування електронікою в автомобільних IVN), 10BASE-T1S дуже підходить.

Як уникнути колізій пакетів у локальній мережі 10BASE-T1S (рисунок 4) без інтелектуальних комутаторів? Відповідь – PLC А (уникнення колізій фізичного рівня) (див. IEEE 802.3cg, пункт 148).

#### **Механізм запобігання колізіям фізичного рівня**

PLCA є основою для роботи 10BASE-T1S у багатоточковій топології. Кожному вузлу призначається унікальний ідентифікатор вузла, незалежний від MAC-адреси. ID#0 називається координатором PLCA. Інші вузли є "послідовниками". Тільки координатор знає загальну кількість вузлів, включаючи себе.

Координатор надсилає маячок, який запускає цикл PLCA, що є унікальним сигналом фізичного рівня довжиною 20 біт. Після отримання маячка всі вузли скидають свій внутрішній «таймер можливості передачі», який за замовчуванням становить 32 біти згідно зі специфікацією IEEE802.3cg. Оскільки час 1 біт становить 100 нс при швидкості 10 МБ/с, це дорівнює 3,2 мкс. Виходячи з їхнього ідентифікатора, кожен вузол по черзі (або має можливість) «подати» заявку на передачу по шині за циклічним принципом, починаючи з вузла 0.

Якщо вузол не має даних для передачі протягом свого ходу, він залишається мовчазним. «Таймер можливості передачі» інших вузлів одразу

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 46   |

після розпізнавання мовчання спрацює за тайм-аутом (за замовчуванням 3,2 мкс), що ініціює наступний ідентифікатор '#' для «затвердження» передачі. Якщо вузол має дані, готові до передачі протягом свого ходу, він видає COMMIT, ще один сигнал фізичного рівня розширеної преамбули кадру, поки фіксуючий вузол передає один кадр Ethernet або пакет кадрів Ethernet (Примітка 2) на шину, всі інші вузли чекають.

2. Пакетний режим – це додаткова конфігурація PLCA. За замовчуванням кожному вузлу дозволено один кадр за закінчення терміну дії таймера

### **Розумний будинок**

Дім – це не просто місце проживання; він постійно розвивається як місце роботи. У майбутньому будинки будуть схожі на автомобілі, оскільки ми впроваджуватимемо все більше і більше пристроїв Інтернету речей та датчиків. Кожен пристрій у нашому домі взаємодіє один з одним і приймає розумні рішення, щоб зробити наше життя зручнішим. Уявіть собі дім, який розуміє ваші вподобання та бездоганно адаптується до вашого способу життя.

### **Екосистема підключеного Інтернету речей**

Інтернет речей (IoT) дозволить побутовій техніці, освітленню, системам безпеки та навіть меблям співпрацювати. Наприклад, ваш будильник може сповістити вашу кавоварку про початок приготування їжі, щойно ви прокинетесь. Розумні холодильники відстежуватимуть ваші продукти та пропонуватимуть рецепти на основі доступних інгредієнтів, а розумні дзеркала надаватимуть персоналізовані рекомендації щодо догляду за шкірою.

Цей взаємозв'язок буде забезпечений передовим штучним інтелектом та алгоритмами машинного навчання, що гарантуватиме, що системи навчатимуться та розвиватимуться разом з вашими звичками.

Зі зростанням можливостей підключення розумних будинків, безпека та конфіденційність вийдуть на перший план. Біометрична автентифікація, така як розпізнавання обличчя та сканування відбитків пальців, стане нормою для контролю доступу. Системи спостереження на базі штучного інтелекту не лише

виявлятимуть, але й прогнозуватимуть потенційні загрози безпеці за допомогою поведінкової аналітики.

Щоб вирішити проблеми конфіденційності, виробники зосередяться на децентралізованому сховищі даних та зашифрованих каналах зв'язку, гарантуючи, що дані користувачів залишатимуться безпекою та під їхнім контролем.

### **Роль Ethernet та 10BASE-T1S**

Хоча бездротові технології, такі як 5G та Wi-Fi, домінуватимуть у мобільних та гнучких додатках, Ethernet, особливо з такими досягненнями, як 10BASE-T1S, відіграватиме життєво важливу роль в основі майбутніх розумних будинків.

### **Чому 10BASE-T1S є важливим**

10BASE-T1S – це однопарний стандарт Ethernet, розроблений для зв'язку на коротких відстанях з урахуванням простоти, надійності та економічної ефективності. Він дозволяє кільком пристроям використовувати одну шину Ethernet (багатоточковий зв'язок), що робить його ідеальним для середовищ розумного дому з щільними екосистемами Інтернету речей. Ось як 10BASE-T1S буде корисним:

- Вартість та простота кабельного з'єднання: Використовуючи одну виту пару як для передачі даних, так і для живлення (через Power over Data Line або PoDL), 10BASE-T1S зменшує складність та вартість кабельного з'єднання. Це ідеально підходить для підключення малопотужних пристроїв, таких як датчики, інтелектуальні комутатори та контролери домашньої автоматизації.

- Надійний зв'язок з низькою затримкою: на відміну від бездротових мереж, які можуть стикатися з перешкодами, Ethernet забезпечує стабільний зв'язок у режимі реального часу, що є важливим для таких застосувань, як інтелектуальне освітлення, системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC) та системи безпеки.

- Багатоточкова топологія: 10BASE-T1S дозволяє підключати кілька

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 48   |

пристроїв до однієї шини, що робить її ідеальною для компактних та обмежених ресурсами зон, таких як інтегровані системи освітлення або взаємопов'язані прилади.

– Взаємодія: Багато пристроїв Інтернету речей у розумних будинках покладатимуться на легкі та ефективні мережі. 10BASE-T1S забезпечує безперебійну взаємодію цих пристроїв, зменшуючи потребу в складній інфраструктурі.

Застосування в розумних будинках:

– Розумне освітлення: Магістральна мережа 10BASE-T1S може жити та підключати цілу мережу розумних світильників, синхронізуючи їх для створення атмосфери, енергоефективності або потреб безпеки.

– Домашня автоматизація: такі пристрої, як моторизовані жалюзі, розумні меблі та вбудовані датчики, можуть використовувати 10BASE-T1S для надійного підключення без необхідності бездротових рішень.

– Вузли периферійних обчислень: Ethernet-з'єднання, що використовують 10BASE-T1S, можуть ефективно підключати локальні обчислювальні блоки для штучного інтелекту та автоматизації, забезпечуючи високу продуктивність та мінімальну затримку.

Доповнюючи бездротові технології, 10BASE-T1S виступатиме в якості надійної та економічно ефективної магістралі для розумних будинків, забезпечуючи надійність та ефективність критично важливих систем.

Майбутнє розумних будинків неймовірно захопить, пропонуючи поєднання технологій, сталого розвитку та персоналізації, яке переосмислить сучасне життя. Такі технології, як 10BASE-T1S, відіграватимуть фундаментальну роль у забезпеченні ефективних, надійних та масштабованих екосистем Інтернету речей, тоді як бездротовий розвиток забезпечить гнучкість та мобільність. Разом ці технології покращать наше повсякденне життя та сприятимуть більш сталому, пов'язаному світу.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 49   |



Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

### Основні системи інтелектуальних будинків

При інтеграції в структуру інтелектуальні будинки стають учасниками єдиної системи, тому особливе значення надається можливості гнучкої взаємодії з іншими підсистемами:

1. Комплекс систем життєзабезпечення. До складу входять:
  - система управління вентиляцією й кондиціонуванням повітря;
  - система управління тепло- і водопостачанням;
  - система управління електропостачанням;

- система управління освітленням;
- система управління поновлюваними джерелами енергії.

2. Комплекс систем безпеки. Забезпечують моніторинг стану інтелектуального будинку, запобігання й ліквідацію аварійних і небезпечних ситуацій, частково є надбудовою над технологічними підсистемами й можуть використовувати ті самі датчики, інтерфейси й виконавчі механізми, якщо це не заважає їхній роботі.

3. Комплекс систем інформатизації. Є базисом, на якому будуються все компоненти інформаційно-обчислювальних мереж інтелектуального будинку.

### 3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема системи зображена на рисунку 3.2. З рисунку видно, що розроблена система складається з наступних блоків:

- Моніторинг трафіку міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Робота з файлами.
- Монітор з'єднань.
- Статистика подій.
- Робота з сесіями.
- Функції для роботи з мережею міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Робота з ресурсами мережі міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

Розглянемо детальніше кожний з блоків.

Моніторинг трафіку міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1 включає в себе:

- Визначення підключених інтерфейсів.
- Визначення вхідного та вихідного трафіку міжмашинних комунікацій з

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 51   |

використанням стандарту 10Base-T1.

Розроблена система відображає всі інтерфейси приєднані до комп'ютера, на якому запущена програма, їх MAC-адреси та вхідний і вихідний трафік на кожному з них.

Робота з файлами включає в себе:

- Одержання списку відкритих файлів.
- Закриття відкритого файлу.

Можна переглянути, які з Ваших файлів, що Ви відкрили для загального доступу, переглядають по мережі міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1. Програма відобразить список файлів та користувачів, які їх переглядають. Також можна відкрити чи закрити файл.

Монітор з'єднань включає в себе:

- Відстеження TCP- з'єднань.
- Відстеження UDP- з'єднань.

Система фіксує всі підключення по TCP- та UDP-протоколу, та виводить їх на екран у форматі *IP-адреса:порт\_призначення*.

Статистика подій включає в себе відстеження подій в наступних протоколах:

- IP-протокол.
- ICMP-протокол.
- TCP-протокол.
- UDP-протокол.

Статистика ведеться по цілому ряду параметрів. Наприклад для TCP-протоколу фіксується: Тип алгоритму повторної передачі, мінімальний тайм-аут, максимальний тайм-аут, максимальна кількість помилок з'єднання, активні з'єднання, пасивні з'єднання, невдалі спроби відкриття, скидання встановлених з'єднань, отримані сегменти, надіслані сегменти, повторно передані сегменти, помилки тощо.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 52   |

Робота з сесіями включає в себе:

- Одержання списку поточних сесій.
- Завершення сесій.

Програма дозволяє переглянути список відкритих сесій, що включає в себе: назву сесії, користувача, що її розпочав, номер сесії, час роботи та час очікування.

Робота з ресурсами мережі міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1 включає в себе:

- Визначення доступних ресурсів міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Закриття локального ресурсу міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Відкриття локального ресурсу міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Приховання й показ ресурсів міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

Система відображає на вні у мережі міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1 ресурси у вигляді дерева. Пошук ресурсів міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1 можна здійснювати по заданим умовам: локальні чи глобальні ресурси; всі ресурси, тільки файли, чи тільки принтери, тощо.

Можна додавати до загальних ресурсів мережі міжмашиних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1 свої власні, а також закривати їх потім.

Розглянувши усі блоки функціональної схеми перейдемо до розгляду діаграми взаємодії процесів, які відбуваються у системі.

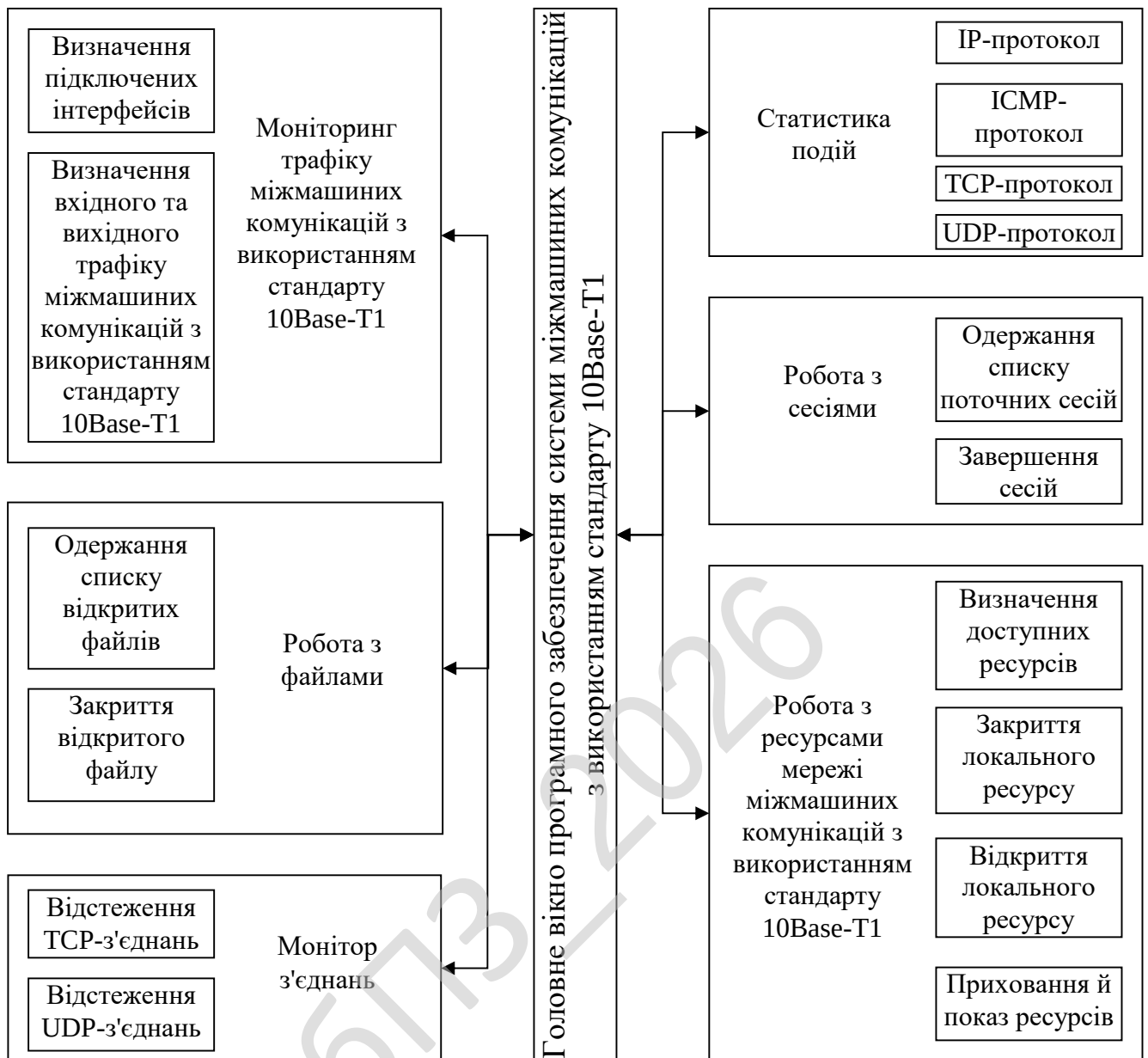


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

### 3.4 Розробка діаграми процесів

Розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3. Основна будова діаграми процесів полягає у графічному представленні складу сукупностей даних, що характеризуються як співвідношення різних частин кожної з сукупностей. Склад статистичної сукупності графічно може бути представлений як за допомогою абсолютних, так і відносних показників. Графічне

зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи.

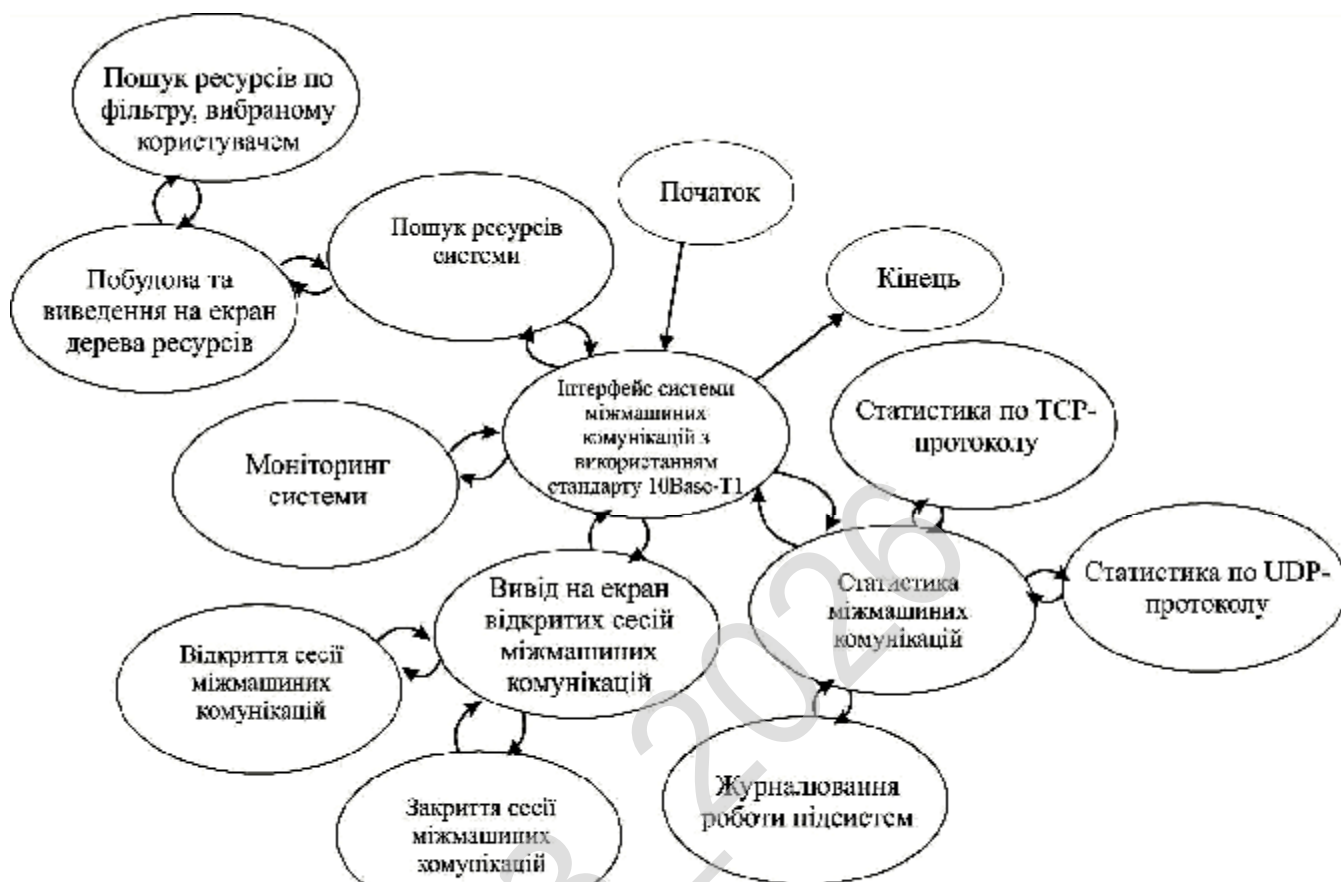


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Діаграма взаємодії процесів використовується для візуалізації процесів обробки даних (структурне проектування).

Для розробника вважається звичним спочатку креслити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи.

Ця діаграма в подальшому підлягає уточненню шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється.

При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

- Зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Потоки даних між елементами трьох попередніх типів.
- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Сховища даних (репозиторії).

Таким чином, розглянувши опис системи, структурну, функціональну схеми системи, та діаграму взаємодії процесів перейдемо до опису блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

К6ПЗ-2026

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 56   |

## 4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Розглянемо реалізацію бакалаврської дипломної роботи. Були проведені розрахунки і підібрані набори тестових даних для перевірки правильності реалізації проектних рішень. Було створено блок-схеми роботи системи. Перед їх розглядом необхідно провести роз'яснення який саме тип блок-схем використовується.

Блок-схеми показують весь процес роботи системи з підсистемами та частково доказують правильність вибраних проектних рішень. Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми.

При виборі початкової точки відліку при побудові схем було враховано, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-орієнтована що вимагає високого рівня декомпозиції задач на класи.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми, на рисунку 4.2 зображено роботу підпрограми.

З яких видно що робота основної програми складається з початкових етапів ініціалізації ПЗ, перевірки наявності ресурсів системи, блоку початку основного циклу з чеканням запиту від користувача в якому відбувається виклик підсистеми та останньої стадії – перевірка поточного стану з завершенням роботи розробленого ПЗ.

При роботі підпрограми виконується основний функціонал системи з циклічними послідовностями, перевіркою поточного стану та поверненням в основну програму прапорів стану виконання.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 57   |

Було використано підходи з використанням UML, це уніфікована мова моделювання, використовується у парадигмі об'єктно-орієнтованого програмування.

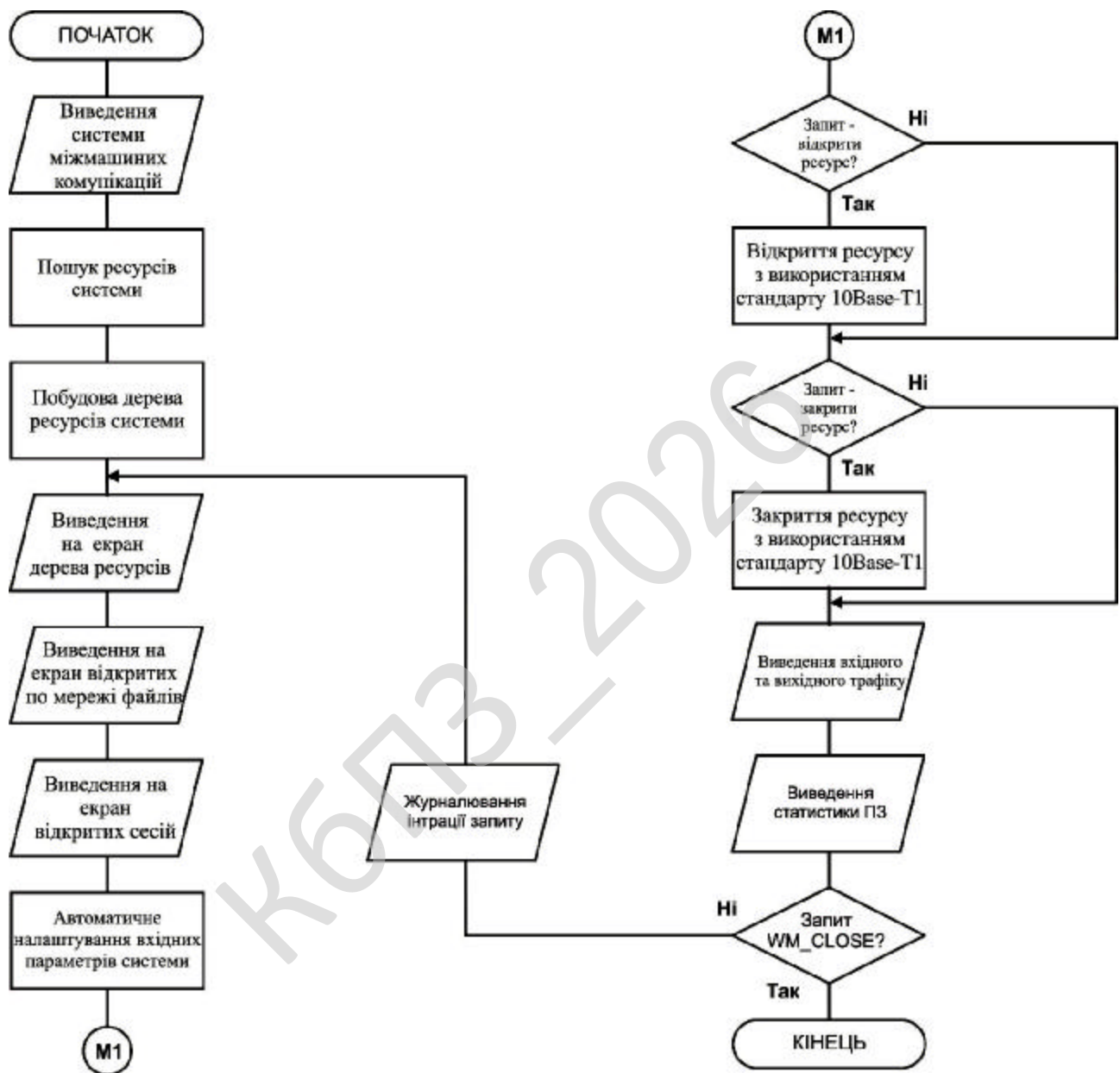


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

Є невід'ємною частиною уніфікованого процесу розробки програмного забезпечення. UML є мовою широкого профілю, це відкритий стандарт, що

використовує графічні позначення для створення абстрактної моделі системи, називаної UML-моделлю.

UML був створений для визначення, візуалізації, проектування й документування в основному програмних систем. UML не є мовою програмування, але в засобах виконання UML-моделей як інтерпретованого коду можлива кодогенерація.

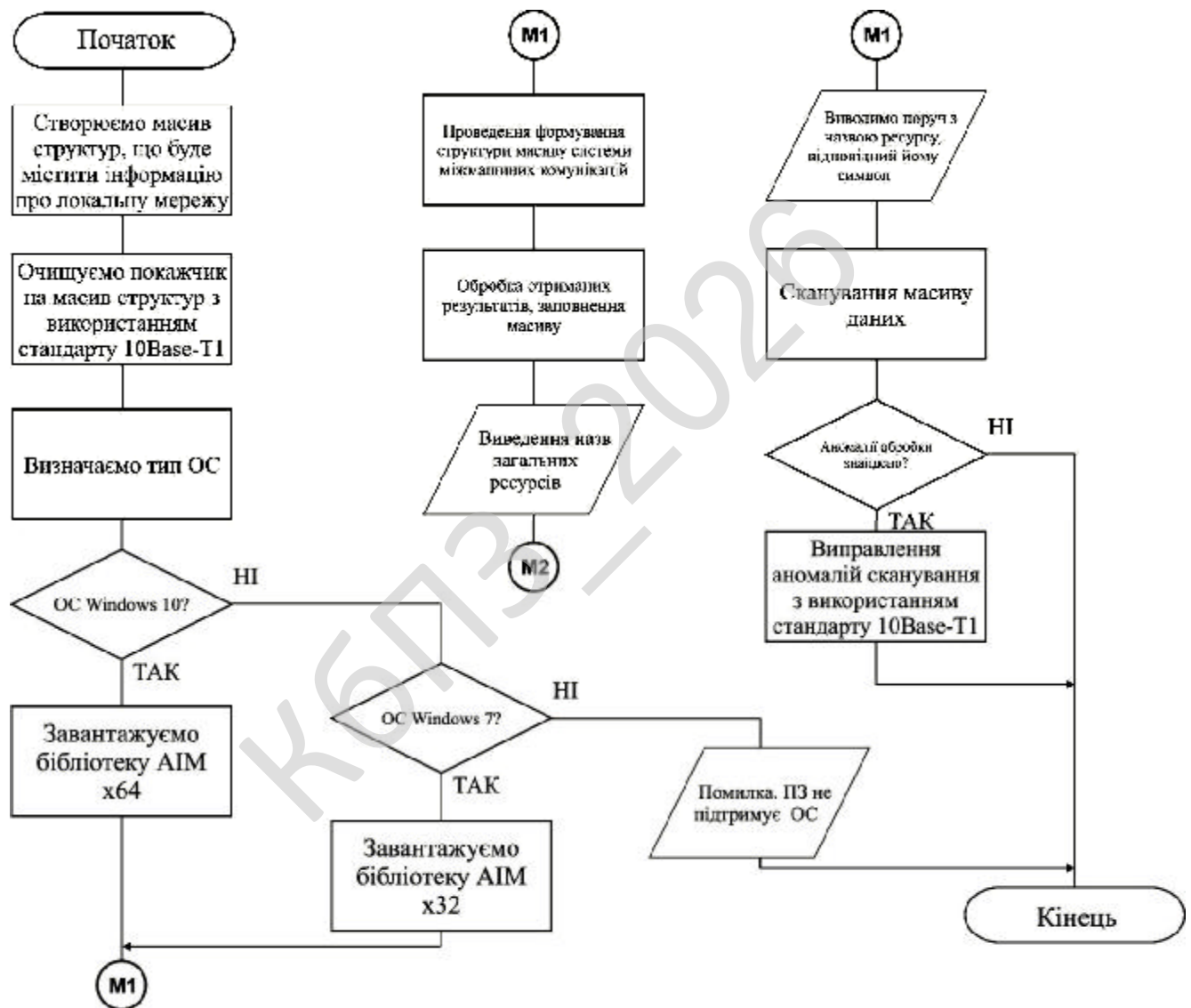


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

Redmine – вільне серверне ПЗ для управління проектами та відстежування помилок. До системи входить календар-планувальник та діаграми Ганта для візуального представлення ходу робіт за проектом та строків виконання. Redmine написано на мові Ruby і є ПЗ розробленим з використанням відомого веб-фреймворку Ruby on Rails, що означає легкість в розгортанні системи та її адаптації під конкретні вимоги. Для кожного проекту можна вести свої вікі та форуми.

Функціональні можливості:

- Ведення декількох проектів.
- Гнучка система доступу з використанням ролей.
- Система відстеження помилок.
- Діаграми Ганта та календар.
- Ведення новин проекту, документів та управління файлами.
- Сповіщення про зміни за допомогою RSS-потоків та електронної пошти.
- Власна Wiki для кожного проекту.
- Форуми для кожного проекту.
- Облік часових витрат.
- Налаштування власних (custom) полів для задач, затрат часу, проектів та користувачів.
- Легка інтеграція із системами керування версіями (SVN, CVS, Git, Mercurial, Bazaar и Darcs).
- Створення записів про помилки на основі отриманих листів
- Підтримка LDAP автентифікації.
- Можливість самореєстрації нових користувачів.
- Багатомовний інтерфейс (у тому числі українська мова).
- Підтримка СКБД: MySQL, PostgreSQL, SQLite.

Діаграма Ганта (*Gantt chart*, також стрічкова діаграма, графік Ганта) – це популярний тип діаграм, який використовується для ілюстрації плану, графіка

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 60   |

робіт за будь-яким проектом. Є одним з методів планування та управління проектами.

Діаграма Ганта являє собою відрізки (графічні плашки), розміщені на горизонтальній шкалі часу. Кожен відрізок відповідає окремому завданню або підзадачі. Завдання і підзадачі, складові плану, розміщуються по вертикалі. Початок, кінець і довжина відрізка на шкалі часу відповідають початку, кінцю і тривалості завдання. На деяких діаграмах Ганта також показується залежність між завданнями.

Діаграма може використовуватися для представлення поточного стану виконання робіт: частина прямокутника, що відповідає завданню, заштриховується, відзначаючи відсоток виконання завдання; показується вертикальна лінія, що відповідає моменту «сьогодні».

Часто діаграма Ганта використовується спільно з таблицею зі списком робіт, рядки якої відповідають окремо взятій задачі, зображеній на діаграмі, а стовпці містять додаткову інформацію про задачу.

Система відстеження помилок Багтрекер – прикладна програма для допомоги розробникам програмного забезпечення (програмістам, тестувальникам тощо) враховувати і контролювати помилки, знайдені у програмах, питання щодо функціональності, рішення та оновлення, побажання користувачів, а також стежити за процесом їх виконання.

Кожному, хто розробляв програмні продукти, добре знайоме співвідношення «20/80» – останні 20 % роботи тривають 80 % часу.

Як це не парадоксально, але нічого дивного в цій пропорції немає, адже саме на завершальній стадії починається тестування проекту, коли виявляються помилки, і що більший проект, то більше буде знайдено помилок.

Водночас досить часто виявляється, що більшість цих помилок були відомі та могли бути виправлені з меншими витратами на попередніх стадіях роботи, але не були вчасно описані, а потім загубилися серед інших важливих завдань.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 61   |

Отже, система відстеження помилок у найпростішому варіанті – це процес, що включає в себе виявлення помилки, її опис, виправлення і перевірку цього виправлення, тобто процес «стеження» за багом протягом всього як його життєвого циклу, так і життєвого циклу розробки в цілому.

Сукупність інформації про дефект. Головний компонент такої системи – база даних, що містить відомості про виявлені дефекти. Ці відомості можуть включати в себе:

- номер (ідентифікатор) дефекту;
- хто повідомив про дефект;
- дата і час виявлення дефекту;
- версія продукту, в якій виявлено дефект;
- серйозність (критичність) дефекту та пріоритет рішення;
- опис кроків для відтворення дефекту (неправильної поведінки програми);
- відповідальний за усунення дефекту;
- обговорення можливих рішень та їх наслідків;
- поточний стан виправлення дефекту;
- версії продукту, в якій дефект виправлений.

Крім того, розвинені системи надають можливість прикріплювати файли, які допомагають описати проблему, наприклад, дамп пам'яті або скріншот.

Використання. Основна перевага систем відстеження помилок полягає в забезпеченні чітких централізованих оглядів, запитів на розробку (включаючи помилки і виправлення) та їх стан. У корпоративному середовищі, системи відстеження помилок можуть бути використані для генерації звітів по продуктивності програмістів виправлення помилок. Однак, це може іноді приводити до неточних результатів, тому що різні помилки можуть мати різні ступені пріоритету та серйозності, що пов'язано з складністю їх фіксації.

Життєвий цикл дефекту. Як правило, система відстеження помилок використовує той чи інший варіант «життєвого циклу» помилки, стадія якого визначається поточним станом помилки.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 62   |

Типовий життєвий цикл дефекту:

1. Новий – дефект зареєстрований тестувальником.
2. Призначений – призначений відповідальний за виправлення дефекту.
3. Дозволений – дефект переходить назад у сферу відповідальності тестувальника. Як правило, супроводжується резолюцією, наприклад:

– Виправлено (виправлення включені у версію таку-то).

- Дубль (повторює дефект, що вже знаходиться в роботі).
- Не виправлено (працює відповідно до специфікації, має занадто низький пріоритет, виправлення відкладено до наступної версії тощо).

– «В мене все працює» (запит додаткової інформації про умови, в яких дефект проявляється).

4. Далі тестувальник проводить перевірку виправлення, залежно від чого дефект або знову переходить у стан «Призначений» (якщо він описаний як виправлений, але не виправлений), або у стан «Закрито».

5. Відкрито повторно – дефект знайдено знову в іншій версії.

Система може надавати адміністраторові можливість налаштування користувачі, які можуть переглядати і редагувати помилки залежно від їх стану, переводити їх в інший стан або видаляти.

У корпоративному середовищі, система відстеження помилок може використовуватися для отримання звітів, що показують продуктивність програмістів при виправленні помилок. Однак, часто такий підхід не дає достатньо точних результатів через те, що різні помилки мають різну ступінь серйозності та складності. При цьому серйозність проблеми прямо не стосується складності її усунення.

При розробці ПЗ було використано підходи ризик-менеджменту – це система управління ризиками, яка включає в себе стратегію та тактику управління, направлені на досягнення основних цілей. Ефективний ризик-менеджмент включає:

- систему управління;

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 63   |

- систему ідентифікації і вимірювання;
- систему супроводження (моніторингу та контролю).

Сучасна наука представляє ризик як вірогідну подію, в результаті настання якої можуть відбутися позитивні, нейтральні або негативні наслідки. Якщо ризик припускає наявність як позитивних, так і негативних результатів, він відноситься до спекулятивних ризиків. Якщо ж наслідки негативні, або відсутні взагалі, такий ризик іменується чистим.

Мета ризик-менеджменту – підвищення конкурентоспроможності господарюючих суб'єктів за допомогою захисту від реалізації чистих ризиків.

Теорія ризик-менеджменту ґрунтується на трьох базових поняттях: корисності, регресії і диверсифікації.

У 1738 швейцарський математик Даніель Бернуллі доповнив теорію вірогідності методом корисності або привабливості того або іншого результату подій. Ідея Бернуллі полягала в тому, що в процесі ухвалення рішення люди приділяють більше уваги розміру наслідків різних результатів, ніж їх вірогідність.

В кінці XIX століття англійський дослідник Ф. Гальтон запропонував вважати регресію або повернення до середнього значення універсальною статистичною закономірністю. Суть регресії трактувалася ним як повернення явищ до норми з часом. Згодом було доведено, що правило регресії діє в найрізноманітніших ситуаціях, починаючи з азартних ігор та розрахунку вірогідності виникнення нещасних випадків, і закінчуючи прогнозуванням коливань економічних циклів.

У 1952 аспірант Університету Чикаго Гарі Марковіц в статті «Диверсифікація вкладень» («Portfolio Selection») математично обґрунтував стратегію диверсифікації інвестиційного портфеля, зокрема, він показав, як шляхом продуманого розподілу вкладень мінімізувати відхилення прибутковості від очікуваного показника. У 1990 Г. Марковіцу присуджена Нобелівська премія за розробку теорії і практики оптимізації портфеля фондових активів.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 64   |

## Етапи ризик-менеджменту

У ризик-менеджменті прийнято виділяти декілька ключових етапів:

- на першому етапі відбувається виявлення ризику з супутньою оцінкою вірогідності його реалізації і масштабу наслідків;
- на другому етапі здійснюється розробка ризик-стратегії з метою зниження вірогідності реалізації ризику і мінімізації можливих негативних наслідків;
- на третьому етапі вибираються методи і інструменти управління виявленим ризиком;
- на четвертому етапі проводиться безпосереднє управління ризиком;
- на завершальному етапі оцінюються досягнуті результати і коректується ризик-стратегія.

За ключовий етап ризик-менеджменту вважається етап вибору методів і інструментів управління ризиком.

## Методи і інструментарій ризик-менеджменту

Базовими методами ризик-менеджменту є відмова від ризиків, зниження, передача і ухвалення.

Ризик-інструментарій значно ширший. Він включає політичні, організаційні, правові, економічні, соціальні інструменти, причому ризик-менеджмент як система допускає можливість одночасного застосування декількох методів і інструментів ризик-управління.

Найбільш часто вживаним інструментом ризик-менеджменту є страхування. Страхування припускає передачу відповідальності за відшкодування передбачуваного збитку сторонній організації (страхової компанії).

Прикладами інших інструментів можуть бути відмова від надмірно ризикової діяльності (метод відмови), профілактика або диверсифікація (метод зниження), аутсорсинг витратних ризикових функцій (метод передачі), формування резервів або запасів (метод ухвалення).

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 65   |

**Розглянемо розробку проекту в контрольованому середовищі (PProjects IN Controlled Environments – PRINCE)** – це метод управління проектами. Метод включає в себе управління, контроль і організацію проекту. «PRINCE2» – це другий реліз зазначеного методу, що є зареєстрованим торговим знаком, державної торгово–промислової палати (Office of Government Commerce – OGC), незалежного підрозділу державного казначейства Сполученого Королівства.

PRINCE2 походить від більш раннього методу PROMPT та методу проектного управління PRINCE, який був розроблений у 1989 р. Центральним телекомунікаційним та комп'ютерним агентством (Central Computer and Telecommunications Agency – CCTA), як державний стандарт Великобританії з управління проектами у сфері інформаційних технологій (IT). Незабаром зазначений стандарт почали використовувати за межами IT сфери. У 1996 р. PRINCE2 був визнаний універсальним методом управління проектами. PRINCE2 став надзвичайно популярним і зараз де-факто є стандартом проектного управління в Великобританії.

Остання версія була випущена у 2009 р., як результат проекту оновлення Prince2:2009 державної торгово–промислової палати Великобританії.

PRINCE2:2009 Оновлення: З 2006 р. метод переглядався, а 16 Червня, 2009 р. був опублікований під назвою «Оновлення PRINCE2:2009». Назва «PRINCE2» (замість «PRINCE3» чи схожої) використано задля демонстрації збереження головних принципів методу.

Все ж таки, це найбільш суттєвий перегляд методу з 1996 р. з метою його адаптації до мінливого бізнес середовища, спрощення і «полегшення», а також кращої інтеграції з іншими методами державної торгово–промислової палати Великобританії (ITIL, P3O, P3M3, MSP, etc.). Головна різниця між релізом 2009 р. та більш ранніми релізами полягає в появі двох довідників замість одного. «Управління проектами, використовуючи PRINCE2» (Managing Projects Using PRINCE2) – оновлена методика управління, що призначена для менеджерів проектів, для яких управління проектами є щоденною діяльністю. «Стратегічне

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 66   |

управління проектами, використовуючи PRINCE2» (Directing Projects Using PRINCE2) – новий документ для Керівника проектів і Ради управління проектам, тобто спонсорів/замовників проектів.

Екзамен як з Теоретичної так і з Практичної частини буде базуватися на новому довіднику «Управління проектами» та не буде включати матеріали з довідника «Стратегічне управління проектами». Прохідний бал для Теоретичного екзамену залишиться не змінним. Прохідний бал для Практичного екзамену збільшиться з 50 % до 55 %. Тривалість екзамену з Практичної частини буде зменшено з 3 годин до 2,5 годин.

PRINCE2 – це структурований підхід до управління проектами, який спрямований на управління проектами в рамках чітко визначеної організаційної структури. PRINCE2 описує процедури координації людей та завдань в проекті, як створювати/планувати проект та що робити, якщо проект потребує внесення змін через невідповідність фактичного стану виконання проекту плану його виконання. Кожний процес зазначено з ключовими вхідними та вихідними даними, а також з специфічними цілями та завданнями, які необхідно виконати, що загалом дає можливість контролю відхилень від плану.

Поділ методу на частини, що підлягають управлінню, забезпечує ефективний контроль ресурсів, завдяки чому можливо здійснювати контрольований та організований моніторинг проекту. PRINCE2 забезпечує єдину термінологію для всіх учасників проекту. Різноманітні ролі управлінців та зони відповідальності повністю описані та можуть бути адаптовані відповідно до складності проекту та компетенцій організації.

### **Помилки використання**

Іноді PRINCE2 вважають не доцільним для дуже маленьких проектів через обсяг роботи, необхідної для створення та оновлення документів, протоколів та реєстрів. Досить часто це трапляється через нерозуміння, які частини PRINCE2 використовувати, адже PRINCE2 можливо повністю масштабувати.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 67   |

Звичайно все це чудово, але сприйняття PRINCE2 погіршене тим, що для кожного ефективного проекту, який використовує методологію PRINCE2 існує певна кількість не ефективних проектів, які використовують, так звану, методологію PINO (PRINCE In Name Only – дослівно, PRINCE лише в назві).

Загальними проблемами є:

- Стадія початку проекту опускається/проштовхується і організація переходить відразу до створення Документу ініціювання проекту (Project initiation document – PID).

- Рада проекту не є ефективною – ескалації уходять в «чорну діру» тощо.

- Відсутній Опис продукту (Product description – PD), без якого управління якістю в PRINCE2 не працює.

- Припустимі відхилення не встановлюються, або встановлюються лише для часу виконання та вартості – чітко не визначено, в якій мірі повноваження передані виконавцям або коли необхідно використовувати ескалацію (піднімати рівень прийняття рішень).

- Проект фактично складається з однієї стадії (або «фази» використовуються, щоб уникнути Огляду виконання стадії завершення (End Stage Review)).

- Документи ініціювання проекту фактично копії-паст (copy-paste – копіювати – вставити) Документу ініціювання проекту з останнього проекту – їм не слідують і вони створюються тому що «потрібно».

- Низький рівень залучення «бізнесу», адже PRINCE2 вважається «технічним» методом – виходи (продукти) проекту можуть не призвести до бажаних результатів.

- Успіхи та невдачі використання PRINCE2 були однією з причин створення Моделі зрілості PRINCE2 (PRINCE2 Maturity Model – P2MM).

Модель зрілості PRINCE2. Модель зрілості PRINCE2 описує набір Сфер Ключових Процесів (Key Process Areas – KPAs), які необхідні для ефективного впровадження та використання PRINCE2 в організації. Довідник PRINCE2 описує

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 68   |

управління проектом і не включає опис процесів впровадження PRINCE2 в організації, в той час як P2MM описує саме процеси впровадження PRINCE2.

P2MM описує ключові практики, які додаються до процесів та складових PRINCE2 з метою забезпечення повторюваного використання методу (Рівень 2 KPAs), а також ключові практики необхідні для впровадження методу (Рівень 3 KPAs), як стандартного бізнес-процесу управління проектами, що включає: призначення власника (3.1), адаптацію методу (3.2), навчання (3.3), інтеграцію з іншими системами управління (3.4), механізм забезпечення якості (3.5).

### **Огляд методу**

Блок-схема процесів PRINCE2. Стрілки означають потоки інформації. PRINCE2 – це процесуальний метод управління проектами на відміну від адаптивних методів, таких як Scrum. PRINCE2 2009 визначає 40 окремих активностей (завдань) і об'єднує їх у сім процесів.

### **Початок проекту.**

На цьому етапі визначаються учасники проектної команди та готується короткий опис проекту (опис цілей проекту та комерційне обґрунтування проекту). Відповідно до загальних засад методу на цьому ж етапі планується наступний етап проекту. Після завершення зазначених робіт Рада проекту має погодити наступний етап проекту – ініціювання проекту.

Головні завдання включають: призначення керівника проекту та менеджера проекту, визначення та призначення команди управління проектом, створення короткого опису проекту, визначення методу управління проектом, планування наступного етапу проекту (ініціювання).

### **Ініціювання проекту**

Цей етап базується на результатах виконання завдань етапу початку проекту. Короткий опис проекту розширюється до бізнес плану (Business case). Точки контролю якості проекту узгоджуються з точками контролю стану виконання проекту. Створюється план виконання наступного етапу проекту.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 69   |

Результати етапу виносяться на погодження Ради проекту з метою погодження продовження роботи над проектом.

Головні завдання включають: планування показників якості, створення плану проекту, деталізація бізнес плану та ризиків, визначення точок контролю проекту, створення Документу ініціювання проекту (Project Initiation Document).

### **Стратегічне управління проектом**

Цей процес визначає яким чином Рада проекту (що уособлює роль спонсору проекту) буде загалом контролювати проект. Рада проекту дозволяє/санкціонує етап ініціювання проекту, а також сам проект. Стратегічне управління також визначає яким чином Рада проекту має погоджувати план етапів, включаючи погодження будь-якого плану етапу, що може змінити існуючий план проекту у зв'язку з будь-якими змінами строків або ключових показників проекту.

Також визначається, яким чином Рада проекту може змінити план проекту, способи закриття проекту.

Головні завдання включають: засоби погодження ініціювання проекту, погодження проекту, погодження етапу або вилучення етапу проекту, підтвердження завершення проекту.

### **Контроль**

PRINCE2 передбачає поділ проекту на етапи, які підлягають контролю. Загалом визначено яким чином пакети завдань призначаються та погоджуються. Також визначається яким чином відслідковується статус виконання завдань і яким чином такий статус доповідається Раді проекту. Засоби для відслідковування та оцінювання виконання проекту пропонуються разом з способами застосування коригуючих дій. Також закріплюються методи ескалації визначеного кола проблем Раді проекту.

Головні завдання включають: призначення та погодження пакетів завдань, оцінювання статусу виконання завдань, звітування статусу виконання завдань,

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 70   |

застосування коригуючи дій, ескалація проблем проекту, підтвердження завершення пакету завдань.

### **Управління межами етапів**

Контроль виконання етапів проекту – це визначення переліку завдань, які мають бути виконані в межах етапу. Управління межами етапу визначає, що має бути виконано при завершенні етапу. При завершенні етапу необхідно створити план виконання наступного етапу. Загальний план проекту, перелік ризиків проекту та бізнес план за необхідності переглядається та оновлюється. Також визначається перелік дій на випадок, якщо етап не відповідає показникам виконання. Загалом визначається, яким чином звітується про завершення етапу.

Головні завдання включають: планування етапу, оновлення плану проекту, оновлення бізнес плану проекту, оновлення ризиків проекту, звітування про завершення етапу, створення плану дій на випадок не виконання певних завдань проекту.

### **Завершення проекту**

Визначаються завдання, які повинні бути виконані при завершенні проекту. Проект має бути формально завершений (ресурси мають бути вивільнені для виконання інших завдань), результат виконання завдань має бути визначений, а сам проект має отримати формальну оцінку.

Головні завдання включають: завершення проекту, визначення результату виконання завдань, оцінку виконання проекту.

**Управління вимогами** це процес запису, аналізу, трасування, пріоритезації і узгодження вимог та контролю змін і доведення до їх зацікавлених сторін. Це безперервний процес протягом всього життя проекту. Вимога – якість, якій мають відповідати результати проекту (продукту або послуги).

Мета управління вимогами полягає в тому, щоб переконатися, що організація відповідає потребам і очікуванням своїх клієнтів, внутрішніх або зовнішніх зацікавлених сторін. Управління вимогами починається з аналізу і виявлення цілей і обмежень організації. Управління вимогами додатково включає

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 71   |

в себе підтримку планування вимог, інтеграції вимог і організації роботи з ними (атрибути для вимог).

Управління вимогами передбачає спілкування між членами проектної групи і зацікавленими сторонами, і адаптацію до змін у вимогах протягом всього проекту. Щоб запобігти перетину поля одного класу вимог з іншим, постійні зв'язки між членами команди розробників є критичними. Наприклад, при розробці програмного забезпечення для внутрішнього використання у бізнесу можуть бути настільки сильні потреби, що він може проігнорувати вимоги користувачів, або вважати, що створені сценарії використання покривають також і користувацькі вимоги.

Відслідковування вимоги фактично означає документування всього життєвого циклу вимоги. Часто необхідно дізнатися першоджерело кожної вимоги. Для цього всі зміни вимог повинні бути задокументовані, щоб досягти стану повного відстеження. Відстежувати треба бути навіть використання реалізованих вимог.

Вимоги мають різні джерела, такі як ділова людина, що замовляє продукт, менеджер зі збуту і фактичний користувач. У всіх цих людей є різні вимоги до продукту. Використовуючи відслідковування вимог, реалізована в системі функція може бути простежена назад до людини або групі, яка замовляла її під час збору вимог. Ця особливість може, наприклад, використовуватися в процесі розробки для пріоритезації вимог, визначаючи, наскільки цінною є дана вимога для певного користувача.

Відслідковування може також використовуватися після розгортання продукту. Наприклад, коли вивчення використання системи показує, що якась функція не використовується, можна визначити навіщо вона була потрібна спочатку.

### **Завдання управління вимогами**

На кожному етапі процесу розробки існують ключові методи і задачі пов'язані з управлінням вимогами. Для ілюстрації, розглянемо наприклад

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 72   |

стандартний процес розробки з п'ятьма фазами: дослідженням, аналізом здійсненності, дизайном, розробкою та тестуванням і випуском.

Дослідження. Під час фази дослідження збираються перші три класи вимог від користувачів, бізнесу і команди розробників. У кожній області задають однакові питання: які цілі, які обмеження, які використовуються процеси та інструменти і так далі. Тільки коли ці вимоги добре зрозумілі, можна приступати до розробки функціональних вимог.

Тут необхідне застереження: незалежно від того, як сильно група намагається це зробити, вимоги не можуть бути повністю визначені на початку проекту. Деякі вимоги змінюються, або тому що вони просто не були знайдені спочатку, або тому що внутрішні чи зовнішні сили торкаються проекту в середині циклу. Таким чином, учасники групи повинні спочатку погодитися, що головна умова успіху – гнучкість у мисленні та діях.

Результатом стадії дослідження є документ – специфікація вимог, схвалений усіма членами проекту. Пізніше, в процесі розробки, цей документ буде важливий для запобігання розповзанню меж проекту або непотрібних змін. Оскільки система розвивається, кожна нова функція відкриває світ нових можливостей, таким чином специфікація вимог прив'язує команду до оригінального бачення системи і дозволяє контрольоване обговорення змін.

У той час як багато організацій все ще використовують звичайні документи для керування вимогами, інші управляють своїми базовими вимогами, використовуючи програмні інструменти.

Ці інструменти керують вимогами використовуючи базу даних, і зазвичай мають функції автоматизації відстеження (наприклад, дозволяючи створювати зв'язки між батьківськими і дочірніми вимогами, або між тестами і вимогами), управління версіями, і управління змінами. Зазвичай такі інструментальні засоби містять функцію експорту, яка дозволяє створювати звичайний документ, експортуючи дані вимог.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 73   |

## Аналіз здійсненості

На стадії аналізу здійсненості визначається вартість вимог. Для користувальницьких вимог поточна вартість роботи порівнюється з майбутньою вартістю встановленої системи. Задаються питання такі як: «Скільки нам зараз варті помилки введення даних?» Або, «Яка вартість втрати даних через помилки оператора пов'язаної з використанням інтерфейсом?». Фактично, потреба в новому інструменті часто розпізнається, коли подібні питання потрапляють до уваги людей, що займаються в організації фінансами.

### 4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Захист розробленого програмного забезпечення буде відбуватися за допомогою алгоритму Camellia – блоковий шифр на основі мережі Фейстеля. У криптографії, Camellia – це симетричний ключ блоковий шифр із розміром блоку 128 біт і розмірами ключа 128, 192 і 256 біт. Він був розроблений спільно Mitsubishi Electric і NTT з Японії. Шифр був схвалений для використання ISO / IEC, проектом Європейського Союзу NESSIE і Японським CRYPTREC проект. шифр має рівні безпеки й можливості обробки, порівнянні з Advanced Encryption Standard.

Шифр був розроблений, щоб підходити як для програмних, так і для апаратних реалізацій, від недорогих смарт-карти для високошвидкісних мережних систем. Він є частиною криптографічного протоколу Transport Layer Security (TLS), призначеного для забезпечення безпеки зв'язки в комп'ютерній мережі, такий як Інтернет

Camellia – це шифр Фейстеля з 18 раундами (при використанні 128-бітних ключів) або 24 раундами (при використанні 192- або 256-бітних ключів). Кожні шість раундів застосовується шар логічного перетворення: так звана «FL-функція» або її зворотна. Camellia використовує чотири  $8 \times 8$ -бітних S-блоку із вхідними й вихідними афіними перетвореннями й логічними операціями. Шифр

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 74   |

також використовує введення й вивід відбілювання клавіш. Шар дифузія використовує лінійне перетворення на основі матриці з номером галузей 5.

### Аналіз безпеки

Камелія вважається сучасним надійним шифром. Навіть при використанні параметра меншого розміру ключа (128 біт) вважається неможливим зламати його за допомогою атаки грубої сили на ключі за допомогою сучасних технологій. Немає відомих успішних атак, що значно послабляють шифр. Шифр був схвалений для використання ISO / IEC, проектом Європейського Союзу NESSIE і Японським CRYPTREC проект. Японський шифр має рівні безпеки й можливості обробки, порівнянні із шифром AES/Rijndael.

Camellia – це блоковий шифр, який може бути повністю визначені мінімальними системами багатомірних багаточленів:

- Камелія (а також AES) S-блоки можуть бути описані системою 23 квадратних рівнянь в 80 членах.
- Розклад ключів можна описати 1120 рівняннями в 768 змінні з використанням 3328 лінійних і квадратичних членів.
- Увесь блоковий шифр можна описати 5104 рівняннями в 2816 змінні з використанням 14 592 лінійних і квадратичних членів.
- Усього потрібно 6224 рівняння з 3584 змінними з використанням 17 920 лінійних і квадратичних членів.
- Кількість вільних членів становить 11 696, що приблизно таке ж число, що й для AES.

Теоретично, такі властивості можуть дозволити зламати Camellia (і AES) за допомогою алгебраїчної атаки, такий як розширена розріджена лінеаризація, у т Майбутнє за умови, що атака стане можливою.

Хоча Camellia запатентована, вона доступна за безоплатною ліцензією. Це дозволило шифру Camellia стати частиною проекту OpenSSL під ліцензією з відкритим вихідним кодом з листопада 2006 року. Це також дозволило йому стати частиною Mozilla Модуль NSS (Служби мережної безпеки).

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 75   |

Підтримка Camellia була додана в остаточний випуск Mozilla Firefox 3 в 2008 році (за замовчуванням відключене починаючи з Firefox 33 в 2014 році в дусі «Пропозиції по зміні стандартних наборів шифрів TLS, пропонованих браузером», який був виключено з версії 37 в 2015 році). Pale Moon, відгалуження Mozilla / Firefox, продовжує пропонувати Camellia і розширив свою підтримку, включивши в нього набори Galois / Counter mode (GCM) із шифром, але вилучив GCM знову у випуску 27.2.0, пославшись на очевидну відсутність інтересу до них.

Пізніше, в 2008 році, група розробки релізу FreeBSD оголосила, що цей шифр також був включений в FreeBSD 6.4. Крім того, Йошисато Янагисава додав підтримку шифру Camellia у дисковий клас зберігання geli FreeBSD.

Veracrypt (відгалуження Truecrypt) включав Camellia як один з підтримуваних алгоритмів шифрування.

Крім того, різні популярні бібліотеки безпеки, такі як Crypto ++, Gnutls, mbed TLS і Openssl також включають підтримку Camellia.

26 березня 2013 р. було оголошено, що Camellia була знову обрана для включення в новий список рекомендованих шифрів для електронного уряду Японії як єдиний 128-бітний алгоритм блокового шифрування, розроблений у Японії. Це збігається з тим, що список CRYPTREC обновляється вперше за 10 років. Вибір був заснований на високій репутації Camellia у плані простоти придбання, а також характеристик безпеки й продуктивності, порівнянних з такими з Advanced Encryption Standard (AES). Камелія залишається незмінною у своєму повному втіленні. Нemoжлива диференціальна атака на Camellia з 12 раундами без шарів FL / FL дійсно існує.

### **Продуктивність**

S-блоки, використовувані Camellia, мають структуру, аналогічну S-блоку AES. У результаті можна прискорити реалізацію програмного забезпечення Camellia за допомогою наборів команд ЦП, розроблених для AES, таких як x86 AES-NI.

|      |      |          |        |      |                                  |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <b>ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ</b> | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                  | 76   |

## 5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

На рисунку 5.1 зображено розроблене у бакалаврської дипломної роботі система міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи: Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші; Розділу обрання групи; Розділу виведення результату роботи системи.

|                                  |                         |                               |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Messages received : 217          | Messages sent : 189     | Forwarding Enabled : No       |
| Errors : 0                       | Errors : 0              | Default TTT : 128             |
| Dest. Unreachable : 260          | Dest. Unreachable : 100 | Datagrams Received : 441045   |
| Time Exceeded : 0                | Time Exceeded : 0       | Header Errors (In) : 0        |
| Param. Problems : 0              | Param. Problems : 0     | Address Errors (In) : 207     |
| Source Quench : 0                | Source Quench : 0       | Datagrams Forwarded : 0       |
| Rediscards : 0                   | Rediscards : 0          | Unknown Protocols (In) : 4    |
| Rechos Requests : 44             | Rechos Requests : 43    | Datagrams Discarded : 13401   |
| Rechos Replies : 43              | Rechos Replies : 43     | Datagrams Delivered : 444759  |
| Timestamp Requests : 0           | Timestamp Requests : 0  | Requests Out : 376000         |
| Timestamp Replies : 0            | Timestamp Replies : 0   | Routings Discarded : 0        |
| Addr. Mask Requests : 0          | Addr. Mask Requests : 0 | No Routes (Out) : 4           |
| Addr. Mask Replies : 0           | Addr. Mask Replies : 0  | Timeoutable TimeOuts : 50     |
|                                  |                         | Timeoutable Requests : 0      |
|                                  |                         | Successful Reassemblies : 0   |
|                                  |                         | Failed Reassemblies : 0       |
|                                  |                         | Successful Fragmentations : 0 |
|                                  |                         | Failed Fragmentations : 0     |
|                                  |                         | Datagrams Fragmented : 0      |
|                                  |                         | Number of Interfaces : 2      |
|                                  |                         | Number of IP-addresses : 11   |
|                                  |                         | Routes in RoutingTable : 9    |
| Minimum Time-Out : 10 ms         |                         |                               |
| Maximum Time-Out : 4294967296 ms |                         |                               |
| Maximum Bond.Connections : 3     |                         |                               |
| Active Opens : 7586              |                         |                               |
| Passive Opens : 2750             |                         |                               |
| Failed Open Attempts : 115       |                         |                               |
| Established conn. Reset : 045    |                         |                               |
| Current Established Conn. : 94   |                         |                               |
| Segments Received : 1110090      |                         |                               |
| Segments Sent : 923023           |                         |                               |
| Segments Reassembled : 6971      |                         |                               |
| Timestamping Requests : 0        |                         |                               |
| Outgoing Requests : 949          |                         |                               |
| Current Active Connections : 124 |                         |                               |
|                                  |                         | Datagrams (In) : 36387        |
|                                  |                         | Datagrams (Out) : 35061       |
|                                  |                         | No Ports : 1079               |
|                                  |                         | Errors (In) : 12109           |
|                                  |                         | UDP Listen Ports : 30         |

Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

Розроблена програма має дуже простий і зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий. Якщо програма не видала ніяких

помилки, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

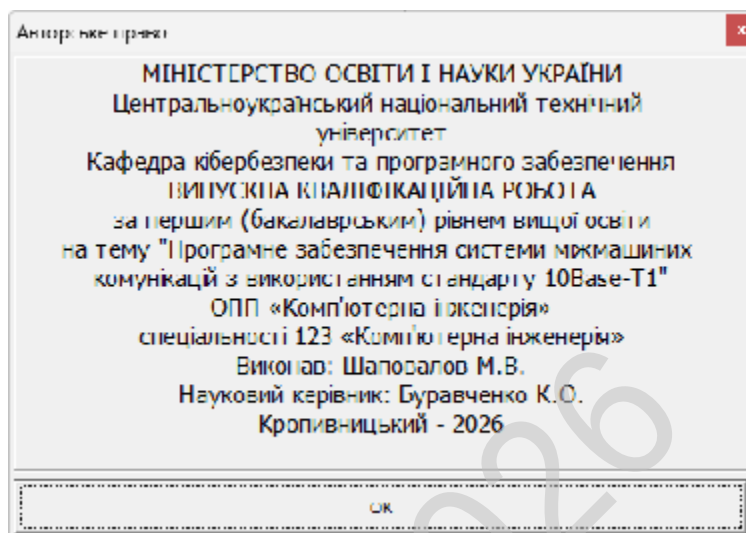


Рисунок 5.2 – Авторське право

Розглянемо процес впровадження програмного забезпечення, це процес налаштування програмного забезпечення під певні умови використання, а також навчання користувачів роботі з програмним продуктом. Впровадження програмного забезпечення це усі дії, що роблять розроблену програмну систему готовою до використання. Даний процес є частинною життєвого циклу програмного забезпечення.

Загалом процес розгортання складається з кількох взаємопов'язаних дій із можливими переходами між ними. Ця активність може відбуватися як з боку виробника так і з боку споживача. Оскільки кожна програмна система є унікальною, то усі процеси та процедури під час розгортання важко передбачити. Тому, "розгортання" можна трактувати як загальний процес відповідно до певних вимог та характеристик. Розгортання може здійснюватись програмістом і в процесі розробки програмного забезпечення.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 78   |

До діяльностей пов'язаних із розгортанням програмного забезпечення відносять:

- Випуск.
- Встановлення та активація.
- Деактивація.
- Адаптація.
- Оновлення.
- Вмонтування.
- Відстежування версій.
- Видалення.
- Вилучення з обігу.

При впровадженні програмного забезпечення потрібно урахувати наступні дії:

– Виділення критичних, з точки зору загального результату, процедур в діяльності організації. Коли набір таких процедур визначений, необхідно в першу чергу використовувати ІТ рішення для автоматизації операцій усередині саме цих процедур. Таким чином, розроблене ІТ рішення автоматично стає життєво важливим і затребуваним для організації, а також буде забезпечена публічність процесу впровадження;

– Розширення нормативної бази організації шляхом включення до неї регламентів, що описують порядок виконання процедур автоматизованих процесів. В іншому випадку є небезпека виникнення неузгодженості між автоматизованими процедурами та іншими процесами організації.

– Виконання робіт з загальної стандартизації існуючої діяльності організації, коли виділяються кращі практики виконання процедур і включаються в ІТ рішення за принципом найбільшої корисності для більшості учасників. Відсоток таких процедур щодо загального обсягу автоматизації може бути невеликий, але це надає процесу побудови рішення вагу в організації за рахунок збільшення його необхідності.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 79   |

Під час роботи над програмою було проведено тестування програмного забезпечення, тобто технічне дослідження, призначене для виявлення інформації про якість продукту відносно контексту, в якому воно має використовуватись.

Тестування включає як процес пошуку помилок або інших дефектів, так і випробування програмних складових з метою їх оцінки.

Проводилась оцінка:

- відповідності поставленим вимогам;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;
- практичність;
- сумісність з ОС та стороннім ПЗ.

Оскільки число можливих тестів для програмних компонент практично нескінченне, тому стратегія тестування полягала в тому, щоб провести всі можливі тести з урахуванням наявного часу та ресурсів.

Як результат ПЗ тестувалось стандартним виконанням програми з метою виявлення помилок або інших дефектів.

Проводилось тестування форматом білої скриньки засноване на аналізі керуючої структури програми. Програма вважається повністю перевіреною, якщо проведено вичерпне тестування маршрутів (шляхів) її графа управління.

У цьому випадку формуються тестові варіанти, в яких:

- Гарантується перевірка всіх незалежних маршрутів програми.
- Знаходяться гілки True, False для всіх логічних рішень.
- Виконуються всі цикли (у межах їхніх кордонів та діапазонів).
- Аналізується правильність внутрішніх структур даних.

Недоліки тестування "білої скриньки":

- Кількість незалежних маршрутів може бути дуже велика.
- Повне тестування маршрутів не гарантує відповідності програми вихідним вимогам до неї.
- У програмі можуть бути пропущені деякі маршрути.

– Не можна виявити помилки, поява яких залежить від даних.

Переваги тестування "білої скриньки" пов'язані з тим, що принцип «білої скриньки» дозволяє врахувати особливості програмних помилок:

– Кількість помилок мінімально в «центрі» і максимально на «периферії» програми.

– Попередні припущення про ймовірність потоку керування або даних у програмі часто бувають некоректними. У результаті типовим може стати маршрут, модель обчислень за яким опрацьована слабо.

– При записі алгоритму програмного забезпечення у вигляді тексту на мові програмування можливе внесення типових помилок трансляції (синтаксичних та семантичних).

– Деякі результати в програмі залежать не від вихідних даних, а від внутрішніх станів програми.

Проводилось тестування чорної скриньки.

Основне місце програми тестів «чорної скриньки» — інтерфейс ПЗ. Відомі: функції програми. Досліджується: робота кожної функції на всій області визначення.

Ці тести демонструють:

– Як виконуються функції програми.

– Як приймаються вихідні дані.

– Як виробляються результати.

– Як зберігається цілісність зовнішньої інформації.

При тестуванні «чорної скриньки» розглядаються системні характеристики програм, ігнорується їхня внутрішня логічна структура. Вичерпне тестування, як правило, неможливе.

Наприклад, якщо в програмі 10 вхідних величин і кожна приймає по 10 значень, то кількість тестових варіантів становитиме  $10^{10}$ . Тестування «чорної скриньки» не реагує на багато особливостей програмних помилок.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 81   |

Тестування «чорної скриньки» (функціональне тестування) дозволяє отримати комбінації вхідних даних, які забезпечують повну перевірку всіх функціональних вимог до програми.

Програмний виріб тут розглядається як «чорна скринька», чію поведінку можна визначити тільки дослідженням його входів та відповідних виходів. При такому підході бажано мати:

- Набір, утворений такими вхідними даними, які призводять до аномалій у поведінці програми (назвемо його ІТс).

- Набір, утворений такими вхідними даними, які демонструють дефекти програми (назвемо його ОТ).

Будь-який спосіб тестування «чорної скриньки» повинен:

- Виявити такі вхідні дані, які з високою ймовірністю належать набору ІТс.
- Сформулювати такі очікувані результати, які з високою ймовірністю є елементами набору ОТ.

Принцип «чорної скриньки» не альтернативний принципу «білої скриньки». Скоріше це доповнює підхід, який виявляє інший клас помилок.

Тестування «чорної скриньки» забезпечує пошук наступних категорій помилок:

- Некоректних чи відсутніх функцій.
- Помилки інтерфейсу.
- Помилки у зовнішніх структурах даних або в доступі до зовнішньої бази даних.

- Помилки характеристик (необхідна ємність пам'яті і т.д.).

- Помилки ініціалізації та завершення.

Обрано умови розповсюдження – Shareware.

Під умовно-безплатним програмним забезпеченням можна розуміти спосіб або метод розповсюдження комерційного ПЗ на ринку (тобто на шляху до кінцевого користувача), при якому випробувачеві пропонується обмежена за можливостями (не повнофункціональна або демонстраційна версія), терміном дії

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 82   |

(тріал версія) або версія з вбудованим набридливим нагадуванням про необхідність оплати використання програми.

В угоді про використання (ліцензії для кінцевого користувача, EULA) також може бути обумовлена заборона на комерційне або професійне (не тестове) її використання.

Основний принцип умовно-безплатного ПЗ – «спробуй, перш ніж купити» (try before you buy). ПЗ що поширюється як умовно-безплатний, надається користувачам безоплатно. Звичайно користувач платить тільки за час завантаження файлів через Інтернет або за носій (CD диск, флешку, ключ). Протягом певного терміну, що становить зазвичай тридцять днів, він може користуватися програмою, тестувати її, освоювати її можливості.

Якщо після закінчення цього терміну користувач вирішить продовжити використання ПЗ, він зобов'язаний купити його (zareestruvatisya), zaplativshi avtorovi певну суму.

В іншому випадку користувач повинен припинити використання ПЗ та видалити його зі свого комп'ютера.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докum. | Підпис | Дата |                           | 83   |

## 6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- Досліджена система міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для системи міжмашинних комунікацій з використанням стандарту 10Base-T1. Це

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 84   |

дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм Camellia.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 85   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wendell Odom. «CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 1». Cisco Press. 2020. – 848 p.
2. Wendell Odom. «CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 2 Premium Edition eBook and Practice Test». Cisco Press. 2020. – 624 p.
3. Scott Jernigan «CompTIA Network+ Certification All-in-One Exam Guide, Eighth Edition». 2022. – 976 p.
4. Doug Lowe «Networking For Dummies 12th Edition». 2020. – 480 p.
5. Ramon Nastase «Computer Networking: The Beginner's guide for Mastering Computer Networking, the Internet and the OSI Model». 2018. – 186 p.
6. Russ White & Ethan Banks «Computer Networking Problems and Solutions: An Innovative Approach to Building Resilient, Modern Networks». 2017. – 832 p.
7. Вінтенко Б., Смірнов О., Миронець І., Смірнова Т., Смірнов С. «Імітаційна модель шляхів вхідних даних комп'ютерної інтелектуальної системи підтримки оператора енергоблоку АЕС». *Комбінаторні конфігурації та їхні застосування: Матеріали XXVII Міжнародного науково-практичного семінару, присвяченого 125-річчю Національного університету «Запорізька політехніка» (Запоріжжя-Кропивницький-Київ, 4-6 червня 2025 р.)*. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. С.82-91.
8. Al-Azzeh, J., Ayyoub, B., Mesleh, A., Smirnova, T., Gnatyuk, S., Drieiev, O., Smirnov, O., Dorenskyi, O. «Cloud-Based Information System for Evaluating Caverns in the Process of Blasting Metal Surfaces of Details». *International Review on Modelling and Simulations* 18 (1), 2025. pp. 32-42.
9. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 86   |

10. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем ІР-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.
11. Kuznetsov, O., Kryvinska, N., Ilchenko, O., Smirnova, T., Ulianovska, Y. «Comparative Analysis of Cryptocurrency Trading Platforms Using the Analytic Hierarchy Process». *CEUR Workshop Proceedings*, 2023, 3628, pp. 106-115.
12. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.
13. 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.
14. 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.
15. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
16. 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.
17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». *CEUR Workshop Proceedings*. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

23. 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.

24. 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.

25. 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. 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.

32. 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.

33. 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.

34. 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.

35. 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.

36. 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.

37. 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.

38. 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.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 90   |

39. 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

40. 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.

41. 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.

42. 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.

43. 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.

44. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. № 2(33). с. 161-172, 2019.

45. 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.

46. 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

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 91   |

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).

47. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

48. Дреєва Г.М., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральнотураїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.

49. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральнотураїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.

50. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Поліщук Л.І., Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К. Метод формування антивірусного захисту даних з використанням безпечної маршрутизації метаданих. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – Том 3 № 3. – Київ: КУ ім. Бориса Грінченка. – 2019. – С. 63-87.

51. Смірнов О.А., Гнатюк С.О., Кавун С.В., Терейковський І.А., Жмурко Т.О., Смірнов С.А., Коваленко А.С. Основи безпеки в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2018. – 177 с.

52. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018

53. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дреєв А.М. Алгоритми формування безлічі маршрутів передачі метаданих у антивірусні хмарні системи. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 5 (142). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 148-152.

|      |      |          |        |      |                           |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ВКРБ-123.26.0029.00.00.ПЗ | Арк. |
| Вим. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                           | 92   |

54. Смірнов О.А., Смірнов С.А. Дідик А.К., Дреєв О.М. Моделі системи нейромережових експертів безпечної маршрутизації у хмарних антивірусних системах. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 3 (140). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 36-39.

55. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К., Дреєв А.М. Спосіб контролю ліній зв'язку телекомунікаційної системи антивірусу. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Випуск 2 (47). – Харків: ХУПС. - 2016. - С. 121-127.

56. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Дідик А.К. Метод безпечної маршрутизації метаданих у хмарні антивірусні системи. Системи озброєння та військова техніка. - Випуск 2 (46) - Х.: ХУПС - 2016. - С. 146-149.

57. Смірнов О.А., Кавун С.В., Доренський О.П., Вялкова В.І. Інформаційна безпека в комп'ютерних мережах. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 151 с.