

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  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти**  
на тему  
**“Дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за**  
**допомогою технології WebRTC”**

Виконав здобувач вищої освіти  
II курсу, групи КІ-24М  
ОПП «Комп’ютерна інженерія»  
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»  
\_\_\_\_\_ Бойко О.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту  
кандидат технічних наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Смірнов С.А.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.  
Рецензент \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

**Бойко О.А. Дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2025.**

В даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

Об'єктом дослідження є процес клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

Предметом дослідження є методи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

Методи дослідження базуються на методах обробки інформації у комп'ютерній мережі, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

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 Visual C#.

**Ключові слова:** комп'ютерна інженерія, відео-конференц-зв'язок, WebRTC

## ABSTRACT

**Boiko O.A. Research and software implementation of the video conferencing client system using WebRTC technology. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2025.**

In this final qualification work for the second (master's) level of higher education, software has been developed that is intended for the video conferencing client system using WebRTC technology.

The purpose of the development is the research and software implementation of the video conferencing client system using WebRTC technology.

The object of the research is the video conferencing client process using WebRTC technology.

The subject of the research is the video conferencing client methods using WebRTC technology.

The research methods are based on methods of information processing in a computer network, methods of mathematical statistics, methods of software development.

The result of the work is the software implementation of the video conferencing client system using WebRTC technology.

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

A user-friendly user interface has been developed. Instructions for working with the software are provided.

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

The program was developed in the Visual C# environment.

**Keywords:** computer engineering, video conferencing, WebRTC

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ .....	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ .....	6
1.1 Призначення системи.....	6
1.2 Область застосування.....	7
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ .....	12
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.....	12
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	25
2.3 Розгорнута постановка завдання .....	28
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ .....	30
3.1 Опис функціонування системи .....	30
3.2 Розробка структурної схеми.....	41
3.3 Розробка функціональної схеми .....	46
3.4 Розробка діаграми процесів.....	50
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	52
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	52
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	68
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ .....	70
6 НАУКОВА НОВИЗНА .....	76

						ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ		
Вим	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Бойко О.А.				Дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.	Смірнов С.А.					М	1	100
Н.контр.	Коваленко А.С.				ЦНТУ КІ-24М			
Затв.	Смірнов О.А.							

7	МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ .....	77
7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту .....	77
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок ...	78
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ .....	78
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.....	79
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ .....	81
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ .....	82
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.....	82
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ .....	83
8.1	Вступ.....	83
8.2	Характеристика умов праці програміста .....	85
8.3	Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці.....	89
8.4	Розрахункова частина .....	90
8.5	Висновки до розділу.....	91
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	92
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	94

КБПЗ-2025

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>2</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

- ДКП – дискретне косинусне перетворення
- ПЗ – програмне забезпечення
- ЛОМ – локальна обчислювальна мережа
- ССТV – система замкнутого телебачення
- IP – інтернет протокол
- USB – універсальна серійна шина

КБПЗ\_2025

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Визначальний вплив на розвиток загальносвітового ринку ВКЗ в останні кілька років роблять підвищення мобільності користувачів і потребу в простих й зручних у використанні рішеннях. При виборі продукту все частіше перевага віддається пристроям з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, які легко включаються й не вимагають докладних інструкцій для експлуатації. По усьому світі люди прагнуть до максимальної мобільності й воліють якнайменше часу проводити прив'язаними до свого робочого місця. Тому для сучасних працівників надто важливо поза залежністю від місцезнаходження одержувати всі ті ж функції, що й в офісі, у тому числі можливість взаємодіяти зі своїми колегами з використанням високоякісного відео.

Ці тенденції проявляються й на українському ринку, хоча попит на мобільні рішення багато в чому залежить від рівня розвитку міської інфраструктури й часу, що людям доводиться витратити на дорогу до роботи. Сучасний мегаполіс, такий як Київ, змушує жителів щодня проводити в пробках по кілька годин. На щастя, якісне інтернет-підключення доступно в столиці практично повсюдно й при наявності відповідних інструментів дозволяє працювати з будинку без втрати функціональності. Головними драйверами розвитку ВКЗ є представники покоління Y (люди, що народилися з 1980 по 2000 рік). Вони прекрасно орієнтуються в технологічних новинках, активно користуються відеозв'язком, різними месенджерами й соціальними мережами. Таким чином, і нові ВКЗ-рішення повинні бути настільки ж мобільними, інтуїтивно зрозумілою й гнучкими, як технології соціальної взаємодії.

**Мета й завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

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

- Огляд існуючих систем клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.
- Дослідження системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

– Програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

*Об'єктом дослідження* є процес клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

*Предметом дослідження* є методи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

*Методи дослідження* базуються на методах обробки інформації у комп'ютерній мережі, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- Удосконалено метод клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.
- Розроблено вітчизняний продукт клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

**Практична цінність отриманих результатів** полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

**Достовірність наукових результатів** підтверджена теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів окремим результатам, наведеним у науковій літературі.

Робота апробована на LVII Науково-технічній конференції здобувачів вищої освіти LV науково-технічної конференції «Наука в ЦНТУ: основні досягнення та перспективи розвитку» (2025 р.), основні положення випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти надруковані у статті збірника праць молодих науковців ЦНТУ, випуск №15.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

## 1.1 Призначення системи

Замовники більше не хочуть бути «прив'язаними» до одного виробника. Якщо раніше системи ВКЗ створювалися як моновендорні, останнім часом практично в кожному новому проекті замовники насамперед вимагають сумісності серверного встаткування ВКЗ із апаратними й програмними терміналами різних виробників. У багатьох компаніях уже є, наприклад, відеотермінали Cisco або Polycom, на робочих місцях використовується Skype for Business і т.д.

Відзначимо також тенденцію до збільшення масштабів рішення: якщо раніше в сеансах ВКЗ брали участь 10-20 чоловік, те тепер всі частіше потрібна підтримка 100 і більше одночасних учасників. Відео-конференц-зв'язок перестає бути технологією для вибраних і стає інструментом, використовуваним у повсякденній роботі рядовими співробітниками.

Замовники всі частіше вимагають інтеграції засобів відеозв'язку з іншими системами. Із забезпеченням якісного відео в конференціях починається новий етап розвитку ВКЗ: усе рухається у бік інтеграції відео з іншими бізнес-інструментами, а основний секрет полягає в зручному стикуванні й наявності API. Відеозв'язок проникає всюди: у банкомати, автомобілі, онлайн-приймальні й таке інше. Якщо в США ринкові тенденції відповідають вектору розвитку ВКЗ-технологій (а точніше – його визначають), то в Україні ринковий тренд із працею піддається опису: у чомусь наші замовники випереджають інші країни в частині прийняття ВКЗ, а в чомусь сильно відстають. Наприклад, в Україні малий відсоток переговорних кімнат оснащений системами ВКЗ, але разом з тим наші замовники більш швидко йдуть на експерименти, а рівень проникнення ВКЗ на робочих місцях вище.

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## 1.2 Область застосування

У починаючого системного адміністратора відношення до ВКЗ дуже просте: чого, мол, там думати, Скайп і Лунс користувачам – і все. У цілому, комунікатори на рівні Facetime і подібних досить добре, і, головне, дешево вирішують завдання малого й, місцями, середнього бізнесу.

У великому бізнесі ситуація інша. Як правило, є власні захищені канали зв'язку (фізичні або віртуальні), і за межі корпоративного Інтранету інформація йти не повинна в принципі. Крім того, з'являються вимоги до якості картинки, устаткуванню, інтеграції із уже існуючою телефонією й навіть сервісами перекладу.

Транспортний рівень – MPLS-мережа на 114 об'єктів: частіше оптика, але є й супутникові канали для віддалених регіонів. HD-картинка може пропрасуватися на конференції точка-точка, або на багатоточечні від 4 без участі центра до 40 кінцевих споживачів на базі центрального сервера. Є канали назовні. Можлива трансляція конференцій усередині мережі для online перегляду засідань. Всі ВКЗ-засідання записуються для подальшого розсилання копій сторонам

Як правило, до нормальних систем ВКЗ компанія dorостає трьома шляхами:

1. Через необхідність проводити наради, наприклад, керівників філій у географічно-розподіленій структурі. Приміром, директор може збирати керівників підрозділів раз у тиждень всіх відразу. Скайп не влаштовує, оскільки засунути всіх учасників наради в кімнаті в одну веб-камеру не виходить. Та і якість сильно плаває.

2. На вимогу працівників служби безпеки, які дуже хочуть бути впевнені в тому, що картинка й звук не залишає межі шифрованих каналів Інтранету. З їхнього погляду краще взагалі не бовтати інакше як особисто й виключивши всі, а якщо особисто не виходить – те, по крайній мірі, без стороннього ПЗ й заліза.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

3. Через вимоги до загальної системи ВКЗ для українських підрозділів іноземних компаній.

На сучасний момент на ринку по факті немає великих компаній, які в тому або іншому ступені не реалізували б ВКЗ усередині своєї ІТ-інфраструктури. Основні замовлення зв'язані або з модернізацій систем під нові вимоги по поліпшенню якості картинки/звуку, установкою нового заліза (автоматично, що наводяться камери, вигнуті екрани телеприсутності, які «добудовують» переговорку), або розгортанням нових філій.

Перший тренд останнього років – підвищення дозволу. Як правило, старі системи модернізуються до HD, що вимагає заміни заліза в кімнатах для перемов і збільшення обчислювальних ресурсів.

Другий важливий тренд – можливість підключати учасників із планшетами-іPhone-ноутбуками з будинку, відрядження й так далі. Як правило, починається з того, що хтось із керівників хоче мати доступ до захищеного ВКЗ-системі з будинку, а потім приходиться розуміння, що всі співробітники, використовуючи зв'язування з корпоративного VPN і ВКЗ можуть спілкуватися де завгодно і як завгодно. Хоча, треба визнати, багато хто заради зручності й економії жертвують безпекою.

Третій важливий тренд – скорочення витрат. Чим більш нове рішення, тим, як правило, воно дешевше. Алгоритми вдосконалюються, і багато завдань можна перекласти на прикінцеве залізо (ті ж процесори iPhone починаючи з 5 покоління дозволяють відмінно вирішувати завдання обробки складних відеопотоків), іноді буває куди дешевше розгорнути нову систему з нуля, чим вишикувати зворотну сумісність із уже наявними рішеннями. Усе прораховується по конкретних кейсах.

## **Транспорт**

Кращий випадок – Інтранет-канали компанії. Якщо мова про банк або стільникового оператора – це цілком може бути навіть власна магістральна мережа по Україні, якщо про роздріб, страховий і т.п. – свої фізичні канали як

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

мінімум між декількома філіями й ЦОДом. Далі – VPN з гарантованим каналом від філій до ЦОДа. Досить часто зустрічаються власні двосторонні супутникові канали. Гірший випадок з'єднання з погляду стабільності й безпеки – через «загальний» Інтернет.

У корпоративному Інтранеті трафік ВКЗ, як правило, має досить високий пріоритет – спочатку службова сигналізація начебто DDoS-протекторів, комерційні дані начебто обміну банкоматів, а потім – ВКЗ-пакети. Протоколи зв'язку компенсують часткові втрати пакетів, але тримтяча картинка нікому не потрібна: на вищому рівні цінується ефект присутності «віч-на-віч» наскільки це можливо.

При оцінці вендора для інтеграції ВКЗ транспортна мережа приймається в увагу практично завжди: наприклад, Polysom уміє добре заощаджувати канал у деяких випадках, Cisco дозволяє реалізувати все системно з урахуванням підсистем (відразу ВКЗ у кімнатах для перемов, телефонію, персональні ВКЗ-рішення для робочих місць «необмежену» мобільність користувачів).

Сучасні технології, наприклад, кодек SVC (Scalable Video Codec), дозволяють розвантажити від обчислювальних потужностей, і, отже, здешевить центральний вузол багатоточечної конференції, реалізувавши на ньому лише маршрутизацію вступників потоків.

Таким чином, наприклад, рішення для багатоточечної відеоконференції дозволяють або – традиційно – збирати всі відеопотоки на центральному сервері, там їх обробляти й віддавати всім учасникам сформований сигнал (наприклад, кілька картинок учасників в одному вікні). Або ж – в SVC середовищу – користуючись потужним сучасним прикінцевим устаткуванням і гарною транспортною мережею, пропускати ці відеопотоки прямо, а складання й розбирання виробляється на кодеках у кімнатах для перемов.

В Cisco ще є технологія MediaNet, що дозволяє за допомогою зовнішньої системи моніторингу спостерігати за процесом проходження трафіку, виявляючи помилки на конкретних мережних пристроях цього вендора –

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

маршрутизаторах/комутаторах, що дозволяє легко виявляти помилки й вузькі місця при проведенні сеансів ВКЗ.

У цілому – вендори перебувають приблизно на одному рівні по проробленню алгоритмів, і якщо хтось виривається вперед, те інші «підтягуються» десь через півроку-рік. Вибір вендора – це або питання вже, що використовується системи, або економічного прорахунку в конкретній ситуації. Є й така річ як корпоративний стандарт: якщо 10 років використовували, скажемо, Polycom, його ж виберуть знову, тому що ніяких сюрпризів.

Для обробки відеопотоків раніше повсюдно використовувалися «важкі» спеціалізовані сервери з безліччю приємно обігрівальних ЦОД відеокарт, що поставлялися як готові ПАКи. Треба сказати, досить дорогі через специфічність рішення (оффтоп: деякі адміни пробували майнити криптовалюти на них, що простоюють між ВКЗ-сеансами). Сьогодні все частіше використовується більше традиційна x 86-архітектура, оскільки всі можна віртуалізувати і просто займати якийсь відсоток від потужності власного ЦОДа або гібридної хмари для роботи ВКЗ-систем. З погляду відказостійкості – не потрібне дублювання дорогою як літак стійки, оскільки при відмові одного з x 86-сервера можлива міграція додатків на такий же сусідній. Проте, для великих компаній у силу не найкращої оптимізації звичайних серверів під обробку багатопоточних відеосигналів усе ще ставляться більші спеціалізовані сервери в ЦОДи.

### **Керування**

Тренд останнього років – максимально просте створення конференції й запрошення учасників. Раніше, скажемо, у середині 2000-х, кожен конференцію створював системний адміністратор, і, треба сказати, завдання не завжди було простий і рутинної. Коли виробники ВКЗ зрозуміли, що користувачам часто простіше, до величезної досади працівника служби безпеки, набрати один одного через Skype, вони зробили нормальні GUI. Сьогодні більшість виробників пропонують можливість збору конференції будь-яким учасником, у тому числі – з телефону при необхідності.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Одне з бізнес-завдань – расшарювані робітників столів, відправлення файлів, показ презентацій, підключення даних із зовнішніх камер (наприклад, для ВНЗ – одна показує лектора, одна – дошку, плюс транслюється презентація) і так далі. Все це, як правило, іде «з коробки» і досить просто настроюється в міру інтеграції ВКЗ.

ВКЗ щільно інтегрується з іншими підсистемами в ІТ-інфраструктурі компанії. Наприклад, якщо є готова телефонія на базі рішень Avaya, можна дуже легко «застромитися» у цю мережу. Іноді робиться зв'язування з корпоративними трекерами і їхніми аналогами, щоб запрошення на ВКЗ і зустрічі були суть тим самим.

Більше прав відходить рядовим співробітникам: тепер навіть із ВКЗ на робочому місці можна викликати іншого співробітника на конференцію, що ще 5 років тому було непосильним завданням для багатьох систем.

Модерація й дотримання протоколу на важливих ВКЗ-сеансах майже ніколи не робиться спікером. Наприклад, президент не буде натискати кнопки: є протокол заходу, де написано хто, коли і як говорить, плюс коли хтось звертається до кого, виводять крупно цих двох, наприклад. Ще раз – на великих заходах спочатку пишеться протокол зустрічі, а потім його реалізує спеціальна людина в конференції, якого не видно. На звичайних нарадах потреби в такому протоколі звичайно немає. Істотно спростилася робота із системами перекладу. Дуже часто в нас і в Європі зустрічається ситуація, коли керівник – експат, і розмова йде як мінімум на двох мовах. От як це виглядає з погляду інтеграції. А з погляду звичайного користувача це три номери для дзвінка: на українському, на англійському й змішана, коли синхронних перекладачів не чути. Простір конференції логічно один, зверніть увагу.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

### 2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

Відеозв'язок є невід'ємним атрибутом подання людини про технічний прогрес. Сучасні технічні досягнення не тільки зробили цю технологію реалізованою, але й дозволили домогтися її поширення по усьому світі. Тепер кожна людина, що володіє швидкісним підключенням до Інтернету, може робити відеодзвінки.

Але як часто буває, масова послуга не здатна замінити професійні рішення, тому у світі триває ріст популярності спеціалізованих систем ВКЗ. З одного боку, цьому сприяють зниження вартості відповідного встаткування й програмного забезпечення, повсюдне поширення високошвидкісних каналів передачі даних, з іншого боку – посилення конкурентної боротьби й дефіцит засобів у компаній внаслідок загальносвітового економічного спаду. Дійсно, незважаючи на відчутні первісні витрати й деяку складність в організації якісної роботи системи, ВКЗ дозволяє істотно заощадити засобу надалі, наприклад, за рахунок скорочення витрат на відрядження. Обґрунтування ефективності подібних систем виходить за рамки даної роботи, і, на думку автора публікації, рішення ВКЗ довели свою необхідність, непрямим підтвердженням чому служить збільшення попиту на подібні системи у світі, незважаючи на поширення безкоштовних сервісів.

Різноманітні рішення для ВКЗ успішно продаються й в Україні. Причому кількість великих проектів вимірюється десятками. Основні споживачі систем ВКЗ у нас у країні – підприємства з розподіленою філіальною структурою – банки, відділення міжнародних корпорацій, оператори зв'язку всіх рівнів,

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

торговельні й виробничі компанії, державні органи. Поки що по різних причинах, в основному економічного характеру, системи ВКЗ мало використовуються українськими лікувальними установами, у той час як в усьому світі телемедицина – швидкозростаючий сегмент ринку.

Однак у цілому кількість реалізованих в Україні проектів дозволило зробити статистичну вибірку й визначити найбільш затребувані рішення в умовах нашої країни, а також виявити ряд цікавих тенденцій і закономірностей.

Для початку охарактеризуємо загальну картину ринку ВКЗ в Україні. Відзначимо, що в огляд потрапили тільки ті виробники, які мають власні апаратні платформи. З них у нашій країні представлені (за абеткою) такі виробники рішень ВКЗ, як AddPac (Південна Корея), Emblaze-VCON (США), LifeSize (США), Polycom (США), Radvision (Ізраїль), Sony (Японія), Tandberg (Норвегія). Відзначимо, що AddPac з великого спектра власних рішень для ВКЗ поставляє в Україну тільки відеотелефони, а значних продажів систем Emblaze-VCON і LifeSize у нашій країні поки що не видно.

Можна ще згадати Microsoft з рішенням RoundTable, але це OEM-версія системи Polycom CX5000, так що окремо розглядати її не будемо. Тим більше, офіційно не було оголошено ні про один великий український проект на базі цього рішення.

Донедавна на ринку була присутня італійська торговельна марка Aethra, що цього року згорнула виробництво й здебільшого ввійшла до складу Radvision. Нагадаємо також, що в 2009 році один з лідерів сегмента ВКЗ компанія Tandberg була куплена Cisco (до цього Tandberg придбала в 2007 році іншу відому на ринку ВКЗ компанію Codian). Крім того, LifeSize є підрозділом компанії Logitech.

Визнаними світовими лідерами сегмента ВКЗ як у технологічному, так і в ринковому плані є компанії Tandberg і Polycom. Їхня спільна частка в регіоні ЕМЕА становить близько 75% (приблизно 40 і 35% відповідно). Рішення Sony, Radvision, LifeSize і інших виробників конкурують зі згаданими лідерами лише в певних сегментах.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

В Україні переважна більшість проектів реалізована на базі рішень двох виробників – Polycom і Tandberg. Кожний з лідерів має у своєму активі кілька десятків великих впроваджень для підприємств різних секторів української економіки.

Системи Polycom воліють, наприклад, такі організації, як «Майкрософт Україна», «Київстар Дж.Ес.Ем.», «Епіцентр», Bosch-Siemens, Coca-Cola Ukraine, Nestle Ukraine, Peugeot-Citroen Ukraine і інші.

Рішення Tandberg вибрали «Промінвестбанк», Райффайзен Банк Аваль», «Метінвест Холдинг» і т.д. А Україні, протягом 2017 року було поставлено порядку 1,1 тис. пристроїв Tandberg різного класу, починаючи від найпростіших відеотелефонів E20, 9951, 9971 і закінчуючи системами для переговорних кімнат Profile Duo 52”. Є також перші комерційні реалізації систем класу Telepresence. При цьому 60% всіх терміналів поставлялося в рамках нових проектів, які комплектувалися також MCU для організації багатоточечної ВКЗ. Що залишилися 40% устаткування є кількісним розвитком раніше впроваджених систем.

Третю (після Polycom і Tandberg) позицію по кількості проектів ВКЗ займає Sony, устаткування компанії використовується в Україні в деяких медичних установах. Системи Radvision ще не встигли завоювати широку популярність у нашій країні, але, проте, на базі рішень цього виробника вже є проекти в державному секторі.

Вартість рішення для ВКЗ коливається в дуже великому діапазоні й залежить від кількості учасників. Для організації повноцінної системи ВКЗ потрібні кілька основних компонентів, а саме – користувальницькі термінали, сервер (Multipoint Control Unit, MCU) для багатоточечних сеансів, набір спеціального ПЗ, IP-аТМ, а також монітори.

При цьому різні термінали відрізняються своїми можливостями (більш детально ми розглянемо їх трохи нижче). Вартість сервера ВКЗ починається від \$ 30-40 тис. і доходить майже до \$900 тис. Основними (але не єдиними) виробниками таких систем є Polycom, Tandberg і Radvision.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Часто сервери вбудовуються в термінали. Такі системи можуть підтримувати до дев'яти одночасних підключень до сеансу ВКЗ без застосування виділеного MCU. Якщо потрібно більше учасників, тоді, як правило, використовують окремий сервер. В українських проектах MCU використовуються не часто, а якщо все-таки застосовуються, то це в більшості випадків моделі початкового рівня вартістю до \$50 тис.

Ціна сучасного повнофункціонального абонентського термінала становить від \$ 5-6 тис. до \$ 17-20 тис. Таким чином, апаратна система ВКЗ типу «точка-точка» із двох терміналів обійдеться мінімум в \$ 10-12 тис., і це без обліку вартості моніторів і інших аксесуарів, додаткового фірмового ПЗ, сервісного обслуговування, послуг з установки й налаштування.

Відзначимо, однак, що вартість систем ВКЗ за останні кілька років значно знизилася, у ряді випадків на 30-40% (маються на увазі рішення одного класу).

Бюджетним варіантом ВКЗ може служити відеотелефон, що являє собою фактично IP-телефон з убудованим РК-дисплеєм. Ціна такого пристрою в Україні \$0, 75-2 тис., але в цьому випадку для організації ВКЗ корпоративна телефонна станція, до якої підключається відеотелефон, повинна мати відповідні функціональні можливості, зокрема, підтримувати роботу з відеоданими й забезпечувати належна якість обслуговування (QoS).

Продукцію AddPac і Radvision представляє в нас у країні « А-КОМУ» (раніше компанія просувала рішення Aethra). Устаткування LifeSize пропонує Telco. Дистриб'ютором Polycom в Україні є компанія « Рм-техно» (УТТК), також у ролі великих партнерів цього виробника виступають О.Т.С., «Одиком», « Діалог-київ» (входить групу компаній «Астерос»), «Трител», «Літер» і IT Business Solutions. Крім співробітництва з Polycom, «Літер» є дистриб'ютором продукції для ВКЗ Sony. Продукцію Tandberg в Україну завозять сьогодні компанії «МУК» і ERC, що мають статус дистриб'юторів, крім того, партнерами норвезького виробника є «Інком» (володіючий статусом Platinum Partner), « Діалог-київ», S&T Ukraine, О.Т.С. й IT Business Solutions.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Основним партнером Emblaze-VCON в Україні є компанія VCS Ukraine, що також поставляє рішення LifeSize, Polycom, Radvision, Sony і Tandberg.

### **Повний HD**

Сучасні системи ВКЗ, як правило, підтримують відео у форматі HDTV 720p (1280x720) або Full HD 1080p/i (1920x1080). При цьому 1080p використовується звичайно в системах типу Telepresence (трохи більших плазмених панелей для імітації ефекту присутності). У системах Full HD підтримується як прогресивне (1080p), так і черезрядкове розгорнення (1080i). Моделі, що забезпечують тільки SD-якість, уже вважаються застарілими й поступово знімаються з виробництва. Крім того, багато виробників поряд з апаратними платформами пропонують також власні програмні клієнтські програми, які встановлюються на комп'ютер користувача й дозволяють йому брати участь у колективному сеансі ВКЗ. При цьому можливість підключення до сеансу загальнодоступних програмних клієнтів, таких, наприклад, як Skype, у більшості випадків неможлива. Така функціональність є, скажемо, у терміналів виробництва LifeSize, але це скоріше виключення.

Для нормальної роботи системи відеозв'язку потрібен канал зв'язку з високою пропускнуою здатністю, оскільки якісний обмін даними у форматі 720p забезпечується на швидкості не менше 1 Мбіт/с, а для 1080p потрібно вже 2 Мбіт/с і вище. Оренда таких каналів обійдеться досить недешево. Деякі виробники пропонують власні технології, що дозволяють знизити вимоги до каналу на 30-50%. У країнах Західної Європи для сеансів ВКЗ часто використовують канали ISDN, хоча в нашій країні – це рідкість.

Оскільки системи ВКЗ чутливі до втрат пакетів даних, провідні світові виробники оснащують їхніми фірмовими рішеннями для мінімізації негативних наслідків цього явища. У результаті вдається уникнути «розсіпання» зображення навіть при втраті 5% пакетів. Для передачі відеоданих використовуються протоколи H.320 (для мереж ISDN), H.323 і SIP, а в якості кодеків застосовуються в основному H.263, H.264, H.264 SVC (для нестійких з'єднань).

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

В Україні кількість проектів ВКЗ відносно невелико. Однак вони є, і по заявах українських профільних компаній, рік у рік інтерес до подібним до рішень, а також кількість реалізованих проектів збільшуються (правда, перший показник росте набагато швидше другого). Кожний з вищезгаданих виробників, представлених на українському ринку, має великий набір різноманітних продуктів для ВКЗ, але далеко не все з них рівною мірою затребувані. Відзначимо, що в переважній більшості випадків українські проекти ВКЗ обходяться без виділеного MCU, оскільки в основному вистачає сервера, убудованого в термінал, особливо з огляду на той факт, що, як правило, у сеансі відеозв'язку одночасно беруть участь не всі можливі абоненти.

### **LifeSize – розміри на будь-який смак**

Відмінною рисою американської компанії LifeSize, що була заснована в 2003 році колишніми співробітниками Polycom, є орієнтація на розробку систем ВКЗ з високим графічним розв'язною здатністю. Виробник пропонує безліч власних розробок, причому не тільки окремі системи, але й комплексні рішення для організації ВКЗ. Одним з найбільш розвинених продуктів у модельному ряді компанії є система LifeSize Room.

Цей термінал ВКЗ з убудованим MCU може збирати багатоточечні відеоконференції за участю до шести абонентів і передавати відео у форматі 720p із частотою 30 кадрів/с. До терміналу можна підключати відразу два монітори. У комплекті поставляються спрямований мікрофон і поворотна камера високого дозволу, але якщо буде потреба можна приєднати ще одну. Є до того ж можливість підключення абонентів ISDN.

Також розроблювач пропонує дві моделі відеотерміналів LifeSize Team і Express без убудованого MCU, які можуть підключатися в режимі « точка-точка» або працювати в мережі ВКЗ на базі сервера. Обидві моделі підтримують відео у форматі 720p, оснащені камерами й мікрофонами. До всім трьох моделям можна підключити ПК для демонстрації аудіо- і відеофайлів або документів. Всі три згадані системи – Room, Team і Express – підтримують автоматичне коректування відеодозволу залежно від швидкості інтернет-каналу.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Самим бюджетним рішенням у модельному ряді виробника є програмний продукт LifeSize Desktop, що дозволяє проводити сеанси ВКЗ, використовуючи як термінал звичайний ПК із веб-камерою й мікрофоном. Як і всі рішення LifeSize, ця розробка забезпечує роботу з відео у форматі HD. Пробну версію цього продукту можна безкоштовно скачати на сайті виробника ([www.lifesize.com](http://www.lifesize.com)).

### **Розмаїтість Polycom**

Компанія Polycom пропонує на ринку ВКЗ рішення для будь-яких сегментів. Продуктовий ряд виробника дуже широкий і містить у собі повний набір компонентів для організації аудіо- і ВКЗ. У портфоліо компанії – термінали ВКЗ, відеотелефони, MCU, спеціальні сервери для запису й трансляції відео в Інтернеті (т.зв. стримінг-сервери), системи Telepresence, спеціалізоване ПЗ й багато інших продуктів. Однак, дотримуючись основної теми роботи (огляд рішень, затребуваних на українському ринку), основну увагу приділимо лише декільком системам ВКЗ.

Найбільш актуальними моделями для українського споживача в поточних умовах можна назвати термінали HDX 6000, 7000 і 8000, які приходять на зміну серії VSX. Це нові системи, що працюють у форматі HD 720p і 1080p (30 кадрів/с).

Модель **HDX 8000** має убудований MCU, активуємий ліцензією, що підтримує до чотирьох одночасних сеансів ВКЗ. До цього терміналу можна підключити ПК для демонстрації інформаційних матеріалів, при цьому фірмова технологія People on Content дозволяє учасникові конференції виступати безпосередньо на тлі показуваного документа або презентації. Також використовуються кілька фірмових технологій передачі високоякісного звуку, у тому числі Polycom StereoSurround, що розділяє звук у кімнаті на канали, забезпечуючи просторову локалізацію виступаючих, що сприяє посиленню «ефекту присутності».

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Модель **HDX 7000** по своїх можливостях схожа із пристроями серії 8000, вона також володіє убудованим MCU для підключення до чотирьох учасників. Відмінності головним чином полягають у тім, що до HDX8000 можна підключити дві камери й три мікрофони, а до HDX7000 – одну камеру й два мікрофони. Крім того, у моделях серії 8000 є порт для аналогової телефонної лінії, завдяки якому можна робити дзвінки по ТфОП.

**HDX 6000** – це бюджетна модель (вартістю \$ 5-6 тис.), що не має убудованого сервера й може працювати в режимі « точка-точка». Для підключення до «багатоточечної конференції знадобиться сервер ВКЗ або MCU, убудований у термінал більше високого рівня. Всі вищеописані системи Polycom оснащені поворотною камерою **EagleEye** із графічним розв'язною здатністю 1980×720, мікрофоном і конференцфоном «спікерфоном») **SoundStation IP7000**. Відзначимо також, що у всіх сучасних рішеннях ВКЗ Polycom використовуються спеціальні розробки для нівелювання впливу втрати IP-пакетів у мережах передачі даних. Наприклад, технологія **Loss Packet Recovery** дозволяє зберігати якість зраджуваного зображення на заданому рівні навіть у випадку втрати 5% IP-пакетів. Крім того, Polycom використовує власну технологію **High Profile**, що дозволяє знизити необхідну пропускну здатність каналу до 50% без втрати якості відеосигналу. Так, за даними виробника, якщо для передачі відео 1080p (30 кадрів/с) звичайно потрібен канал 2 Мбіт/с, те при використанні High Profile – тільки 1 Мбіт/с (для зображення 720p показники будуть – 1 Мбіт/с і 512 кбіт/с відповідно).

Крім уже згаданих систем, Polycom пропонує персональні відеотермінали **HDX 4000**. Варто згадати також старшу модель серії – **HDX 9000**, що має найбільш розвинені функціональні можливості (наприклад, убудованим MCU на вісім підключень). У сегменті бюджетних рішень Polycom пропонує систему **QDX 6000**, що забезпечує проведення відеоконференцій з якістю DVD (4CIF або 480p). Крім того, Polycom робить відеотелефони **VVX 1500** і програмний клієнт ВКЗ за назвою **PVX**.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

## Нові рішення Radvision

Ізраїльський розроблювач рішень для ВКЗ компанія **Radvision** довгий час концентрувала свої зусилля на створенні серверів для багатоточечної ВКЗ, однак із придбанням в 2017 році більшої частини Aethra (італійського виробника терміналів) початку активно просувати й рішення для кінцевих користувачів.

Найбільш функціональним продуктом для організації ВКЗ є **Scopia XT1000** – груповий термінал для невеликого залу.

Модель укомплектована поворотною камерою високого дозволу й здатна передавати й відображати відео у форматі Full HD (1080p, 30 кадрів/с). З такою якістю одночасно можуть оброблятися до двох відеопотоків. В XT1000 убудований сервер MCU, при активації якого в сеансі відеозв'язку можуть брати участь чотири абоненти, для яких буде забезпечена HD-якість (720p), або до дев'яти абонентів з більше низьким розв'язною здатністю. При необхідності можна підключити також другу камеру й периферійні пристрої. У комплекті з терміналом поставляється спрямований виносний мікрофон з функцією відсікання сторонніх шумів. Допускається каскадне з'єднання двох мікрофонів для кращого охопту приміщення.

Для підтримки стабільності відеозображення застосовуються фірмові технології, що дозволяють нівелювати втрату деякої кількості IP-пакетів, а також автоматично знижувати якість «картинки» при зниженні пропускну здатності каналу зв'язку (і повертати якість на колишній рівень, коли канал знову це дозволить).

Термінал **Scopia VC240** володіє не настільки широкими функціональними можливостями і є більше бюджетним рішенням у порівнянні із XT1000. Це персональний термінал ВКЗ, у комплект якого, крім камери, входить також монітор фірми Samsung з діагоналлю 23,6 дюйма.

Система не має убудованого MCU і забезпечує якість відеозображення на рівні 720p. При цьому завдяки спеціальним кодекам і технологіям стиску для передачі HD-зображення на частоті 30 кадрів/з потрібно всього 0,75 Мбіт/с. Цей

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

термінал може працювати як монітор комп'ютера, підтримує передачу презентацій і даних під час сеансу ВКЗ. Система призначена для двох-трьох чоловік, що сидять за одним столом.

Як було відзначено вище, Radvision давно й успішно розробляє MCU, черговим кроком на цьому шляху стала поява нової лінійки серверів ВКЗ **Scopia Elit 5000**, які дозволяють одночасно підтримувати до тридцяти точок ВКЗ або до 120 абонентів у режимі перемикання (з D-якістю 720р), або більшої кількості з меншим розв'язною здатністю. Два й більше MCU можуть утворювати єдину систему для збільшення кількості абонентів, що обслуговуються.

Разом зі своїми серверами Radvision пропонує використовувати фірмовий програмний продукт **Scopia Desktop**, що встановлюється на ПК і перетворює комп'ютер користувача в локальну точку ВКЗ, забезпечуючи якість з'єднання до 720р. У цьому випадку можна обійтися без апаратних терміналів, але прийде витратитися на відносно дорогий сервер ВКЗ й програмні ліцензії. Відзначимо, що програмне забезпечення, що поставляється в комплекті з моделлю Elit 5000, встановлюється на окремий сервер.

### **Sony**

У сегменті рішень для ВКЗ розробки Sony по праву займають одне з лідируючих місць. Компанія не робить окремі сервери ВКЗ, зате випускає біля десятка різних моделей терміналів – від персональних настільних пристроїв до систем класу Telepresence, об'єднаних загальною назвою PSC. Про українські проекти ВКЗ на встаткуванні Sony відомо мало, проте, на думку фахівців, найбільш актуальними моделями для вітчизняного ринку можуть бути XG80, 1P, XTL80, TL33P.

Система **XG80** відображає відео у форматі 1080i зі швидкістю 60 кадрів/с. Штатна HD-камера використовує фірмову технологію Bright Face, що дозволяє підвищити чіткість зображення при відносно поганому висвітленні кімнати. Є убудована переговорна система з підтримкою стереозвуку. В XG80 убудований сервер, що забезпечує підключення до шести абонентів ВКЗ. Для забезпечення

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

стабільності відеопотоку застосовуються технології контрзаходів при утраті IP-пакетів (Packet Reordering) і автоматичне регулювання якості відео залежно від пропускної здатності каналу зв'язку. У той же час варто відзначити, що модель не підтримує протокол SIP (тільки H.320 і H.323).

Відмінною рисою іншої моделі Sony – PSC-1P – є те, що в ній передбачена функція каскадування. Окрема система може об'єднати до шести учасників ВКЗ за допомогою убудованого MCU. Якщо ж потрібно з'єднати більше точок, тоді дві системи, оснащені програмним забезпеченням MCU PCS-323M1 H.323, включаються каскадно. У такому режимі до кожної із цих двох систем можна приєднати до чотирьох додаткових терміналів, формуючи загальну мережу на десять одночасних учасників. До терміналу Sony PSC-1P можна підключити спеціальний блок перетворення даних (Data Solution Box), призначений для взаємодії з одним або двома ПК, з яких можна проводити презентації або демонструвати документи та інші файли. Функція «кадр у кадрі» дозволяє відображати дані із двох ПК на одному дисплеї.

Інтерес для українських компаній можуть представити також персональні термінали XTL80 і TL33P. Модель **XTL80** підтримує відео у форматі 1080i, а **TL33P** – це комплексне рішення, куди входять 17-дюймовий РК-монітор, убудована веб-камера, мікрофон, динаміки й кодек для ВКЗ. Дисплей також може виконувати функцію комп'ютерного монітора.

### **Tandberg і Cisco**

Незважаючи на те що Tandberg перестала бути самостійною компанією й увійшов до складу Cisco, з технологічної точки зору споживачі тільки виграють від такої реорганізації, адже жодна компанія, що розробляє системи ВКЗ, не має закінченого набору рішень для організації мережної інфраструктури, але ж мережа передачі даних – основа будь-якої системи ВКЗ. Завдяки Cisco Tandberg фактично стала єдиною торговельною маркою, що здатна запропонувати рішення «від і до» ( end-to-end), що включає в себе не тільки пристрою ВКЗ, але й комплексну мережну інфраструктуру.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

У портфоліо **Tandberg** – десятки різноманітних систем, багато хто з яких були задіяні у великих українських проектах, тому якісь домінуючі моделі виділити складно. Проте розглянемо системи, які, на наш погляд, є найбільш характерними й перспективними для українського споживача не тільки корпоративного сегмента, але й верхнього рівня SMB.

Найбільш функціональними системами ВКЗ є рішення серії **Profile**, що підтримують формат відео 1080p і призначені для більших груп і залів засідань. Наприклад, модель **MPX6000** підтримує два РК-екрани з діагоналлю до 52 дюймів, стереозвук, протоколи H.323 і SIP, підключення ПК, камеру високої чіткості, убудований MCU на шість одночасних учасників і інші функції.

Системи серії **Edge 95/85/75 MXP** являють собою комплексні рішення, що складаються з кодеку, мікрофона й камери PrecisionHD, що дозволяє трансформувати будь-яку переговорну кімнату в студію для проведення відеоконференцій високої чіткості. Тут також є убудований сервер багатоточечної ВКЗ, що підтримує до чотирьох підключень, і можливість демонстрації документів через додатковий комп'ютер.

Tandberg пропонує широкий вибір персональних пристроїв ВКЗ, таких як, наприклад, **EX90**. Системи цієї моделі оснащені 24-дюймовим РК-дисплеєм (який може використовуватися як монітор для комп'ютера) і дозволяють відображати відео у форматі 1080p. При необхідності до EX90 підключається другий монітор. Є й інші персональні системи ВКЗ – **MPX 150, 1000, 1700** і кілька моделей відео-телефонів.

Як бюджетне рішення компанія пропонує спеціальне ПЗ за назвою **Movi** для організації точки ВКЗ на персональному комп'ютері. Програма дозволяє відображати відео у форматі 720p, забезпечує акустичне придушення луни й може управлятися дистанційно за допомогою ПЗ Tandberg Management Suite (TMS).

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Крім перерахованого, компанія пропонує також великий вибір різних MCU під торговельною маркою Tandberg Codian, IP-Шлюзи, стримінг-сервери, ПЗ для керування й інші рішення.

### **Відеотелефони – бюджетна альтернатива**

У деяких випадках розумною альтернативою системам ВКЗ можуть стати відеотелефони. Вони, звичайно, дорожче, ніж фірмові програмні клієнти, але дешевше терміналів ВКЗ. У той же час екран такого телефону з діагоналлю 7-10 дюймів і VGA-розв'язною здатністю (640×480) дозволяє досить чітко побачити особу співрозмовника, а убудована камера (як правило, з матрицею 2 Мп) – зрадити досить якісне зображення. Подібний апарат надає в розпорядження абонента всі переваги традиційної IP-телефонії, а також можливість підключення ПК для проведення демонстрації документів, презентацій, аудіо- і відеофайлів. В Україні продажу відеотелефонів носять епізодичний характер. При цьому найбільш актуальними моделями є Polycom VVX1500, Tandberg E20, AddPac VP300.

Кількість відеотрафіку в мережах передачі даних неухильно росте, і системи ВКЗ поступово переходять із розряду екзотичних рішень у сферу повсякденних інструментів бізнесу. Користувачів уже не задовольняє стандартна якість зображення, всі сучасні термінали орієнтовані на відео High Definition. Український ринок, незважаючи на складні економічні умови, виявляє тенденцію до щорічного росту кількості проектів ВКЗ. Цьому сприяють як зниження ціни рішень, так і поступова зміна моделі ділових комунікацій в організаціях. Поки що основними споживачами систем ВКЗ в Україні є великі компанії, у той же час спостерігається інтерес і з боку сегмента SMB. Крім того, все більшу популярність здобуває схема «ВКЗ як послуга», при якій компанія-провайдер створює систему ВКЗ для того, щоб здавати її в оренду.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24





## Архітектура платформи .NET Framework

Програма мовою Visual C# виконується в середовищі .NET Framework – інтегрованому компоненті Windows, що містить віртуальну систему виконання (середовище CLR) і уніфікований набір бібліотек класів. Середовище CLR являє собою комерційну реалізацію корпорацією Майкрософт інфраструктури CLI, що є міжнародним стандартом, який лежить в основі створення середовищ виконання й розробки, у яких забезпечується тісна взаємодія між мовами й бібліотеками.

Вихідний код, написаний мовою Visual C#, компілюється в проміжну мову (IL) у відповідності зі специфікацією CLI. Код IL і ресурси, такі як растрові зображення й рядки, зберігаються на диску у файлі, що виконується, названому складанням, з розширенням EXE або DLL у більшості випадків. Складання містить маніфест із відомостями про типи складання, версії, мови й регіональні параметри та вимоги безпеки.

При виконанні програми на Visual C# складання завантажується в середовище CLR залежно від відомостей у маніфесті. Далі, якщо вимоги безпеки дотримані, середовище CLR виконує JIT-компіляцію для перетворення коду IL в інструкції машинного коду. Середовище CLR також надає інші служби, що відносяться до автоматичного збору сміття, обробки виключень і керуванню ресурсами. Код, виконуваний середовищем CLR, іноді називають "керованим кодом" у протиставлення "некерованому коду", що компілюється в машинний код, призначений для певної системи. Далі показані відносини під час компіляції й час виконання між файлами з вихідним кодом Visual C#, бібліотеками класів .NET Framework, складаннями й середовищем CLR.

Взаємодія між мовами є ключовою особливістю .NET Framework. Оскільки код IL, створюваний компілятором Visual C# відповідає специфікації CTS, код IL на основі Visual C# може взаємодіяти з кодом, створюваним версіями мов Visual Basic, Visual C++, Visual J# платформи .NET Framework і ще більш ніж 20 CTS-сумісних мов. В одному складанні може бути кілька модулів, написаних на

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

різних мовах платформи .NET Framework, і типи можуть посилатися один на одного, як якби вони були написані на одній мові.

Крім служб часу виконання, в.NET Framework також є велика бібліотека, що складається з більш ніж 4000 класів, організованих по просторах імен, які забезпечують різноманітні корисні функції для будь-яких дій, починаючи від введення й виведення файлів для керування рядками для розбивки XML, і закінчуючи елементами керування Windows Forms. У звичайному додатку мовою Visual C# бібліотека класів .NET Framework інтенсивно використовується

### 2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) 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;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

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.

КБПЗ - 2025

					VKPM-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

## 3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

### 3.1 Опис функціонування системи

Основні тенденції ринку ВКЗ:

- Підвищення мобільності користувачів.
- Ріст потреби в рішеннях із простим, інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом.
- Можливість підключення до ВКЗ без якого-небудь програмного клієнта – просто через браузер завдяки технології WebRTC.
- Інтеграція з іншими системами, у першу чергу Skype for Business і системою корпоративної телефонії.
- Зниження цін за рахунок посилення конкуренції, поширення нових моделей (хмари), зміни схем ліцензування та ін.

#### **Термінали: групові й/або персональні**

Багаторічні дослідження показують, що частка замовників, що використовують групові термінали ВКЗ, не знижується. Різкого росту числа компаній, що застосовують персональні термінали, також не спостерігається. Хоча, звичайно, загальне число індивідуальних засобів відеозв'язку росте швидше, ніж число групових систем.

Ґрунтуючись на статистику продажів, відзначимо, що динаміка продажів групових систем у цілому треба за ринком: при погіршенні економічної ситуації в країні попит на них падає, при поліпшенні – збільшується. Тоді як продажу настільних відеосистем від стану ринку не залежать і рік у рік перебувають практично на одному рівні. Імовірно, це обумовлено тим, що в нас у країні настільний відеотелефон так і не став інструментом рядових співробітників компаній і позиціонується як засіб зв'язку керівника.

Тому що наші основні замовники – це великі корпорації й державні організації, найбільше продається групових терміналів. Відзначимо також ріст

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

попиту на ПЗ зв'язкове сполучення відео-конференц-зв'язку для мобільних пристроїв і ПК, що пов'язане з ростом числа мобільних співробітників і розвитком концепції віддаленої роботи в Україні.

Поява нового стандарту WebRTC з підтримкою SVC здатна зробити революцію, схожу з тією, що викликали програмні рішення.

Для задоволення поточний бізнес-потреб часом вигідніше побудувати якийсь переговорний кластер для організації внутрішніх і зовнішніх комунікацій.

Недавно проведені дослідження показали, що, хоча традиційні конференц-зали як і раніше використовуються досить широко, перевага віддається більше гнучкому середовищу, що сприяє більш відкритому й ефективному співробітництву. Це виражається в рості популярності так званих huddle rooms – невеликих кімнат або ізольованих просторів усередині офісу, технічно оснащених для цілей спільної роботи. Експерти Polycom вважають, що надійних рішень для таких завдань із адекватною вартістю на ринку недостатньо, тому компанія випустила ряд націлених на таке застосування новинок: RealPresence Debut і Trio.

### **Cisco**

Головна новинка року від Cisco – сервер Cisco Meeting Server. Він працює з устаткуванням і ПЗ різних виробників, підтримує специфічні для них механізми кодування голосу й відео з якістю до 1080p60 і поєднує в поділюваних робочих просторах різні типи комунікацій – чат, голос, Web-конференції й відео, а також надає кошти для гнучкого керування ними. Якщо в користувача немає спеціального устаткування зв'язку, то сервер дозволяє підключитися до конференцій із браузера з використанням технології WebRTC (без необхідності установки додаткових програмних модулів).

Інші нововведення стосуються термінального встаткування. Cisco змінила дизайн інтерфейсів і розробила нове ПЗ для персональних відеосистем, уніфікувавши його для всієї лінійки продуктів. При цьому «розумні» камери вийшли на новий рівень: до режиму автоматичного наведення на мовця доданий працюючий паралельно з ним режим виявлення й супроводу лектора.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Компанія реалізувала просте й інтуїтивне керування конференцією прямо із сенсорного пульта (технології ActiveControl). А завдяки новому функціоналові InRoom Control користувачі можуть управляти із цього ж пульта будь-яким стороннім устаткуванням.

### **ClearOne**

Хмарний сервіс Spontania 3.0 дозволяє розгорнути віртуальну переговірну, у якій комфортно переглядати й обговорювати презентації й інші файли, завантажені із пристрою користувачів. Сервіс пропонується як по моделі SaaS, так і по моделі Раа. У другому випадку замовник одержує свою хмару з необмеженим доступом до таких сервісів, як миттєвий обмін повідомленнями (чат), відеовиклики й спільна робота над документами.

Безкоштовна річна передплата на Spontania надається разом з більшістю ВКЗ-продуктів ClearOne. У їхнє число входить компактний апаратний кодек Collaborate Pro 300 для малих і середніх приміщень, у комплект поставки якого включені камера з 12-кратним зумом і спікерфон. Кодек Collaborate Pro 600 поставляється із двома з'єднаними в ланцюжок мікрофонними масивами й убудованим сервером MCU. У комплекті Collaborate Pro 900 – мікрофонний масив Beamforming з мікшерним пультом Converge DSP. Крім того, даний комплект підтримує запис і віщання відео.

### **Huawei**

Одна із самих цікавих новинок в області ВКЗ – Huawei TE10, компактний термінал з камерою із сенсором 2 Мпікс, розв'язною здатністю 1080p FHD і п'ятикратним оптичним збільшенням. Як відзначають в Huawei, TE10 являє собою пристрій для роботи з корпоративними й хмарними рішеннями ВКЗ; відрізняється адаптивністю, простими налаштуваннями, ефективністю й захищеністю корпоративного класу; позиціонується як рішення для персонального використання або для малих приміщень. Термінал наділений всім необхідним для надання повноцінного функціонала ВКЗ, забезпечує ультраширокий кут огляду камери й ультраширокий сектор захвата звуку.

						<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			32

Термінал TE10 простий у використанні, а на його розгортання, по даним Huawei, потрібно тільки 1 хв. Він важить усього 500 г і має невелике енергоспоживання (8 Вт). Компактність, простота й багатий функціонал дозволяють використовувати термінал T10 у різних сценаріях, починаючи з організації зручного спілкування для компаній будь-якого розміру до систем телемедицини, дистанційного утворення й ін.

Як відзначають в Huawei, T10 привносить у лінійку продуктів ВКЗ цієї компанії принципово новий інтерфейс, орієнтований на простоту використання. Такий же інтерфейс має й інша новинка Huawei – груповий термінал T120, призначений для малих і середніх конференц-кімнат.

Крім того, в Huawei звертають увагу на оновлений персональний термінал для керівника DP300 з 27-дюймовим сенсорним екраном FHD IPS, а також на новий груповий термінал TX50 і камеру VPC800, першого представника ери ВКЗ із розв’язною здатністю 4К.

### **Grandstream**

Представники компанії виділили два групових термінали ВКЗ: GVC3200 і GVC3202. Це рішення на базі Android з убудованим сервером MCU. Модель GVC3200 підтримує до дев'яти учасників відеоконференції (до чотирьох у режимі Full HD), а модель GVC3202 – до трьох учасників HD-відеоконференції (або Full HD у режимі «точка – точка»). На GVC3200 або GVC3202 установлені керовані камери з 12- і 9-кратним оптичним збільшенням відповідно.

Термінали Grandstream підтримують взаємодія по Bluetooth і Wi-Fi. До них підключається до трьох моніторів (вхід VGA/HDMI), можливий запис відеоконференцій. Рішення побудовані на базі SIP-архітектури з підтримкою хмарної платформи IPVideoTalk.

Сервіс аудіо-, відео- і Web-конференцій IPVideoTalk дозволяє організувати трансляцію конференції на 100 учасників. Для участі потрібні тільки ноутбук і Web-браузер.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

## Logitech

Представники Logitech виділили дві новинки для систем ВКЗ: відеокамери Group і C925E.

Камера Logitech Group призначена для конференц-кімнат: її базових можливостей досить для проведення наради за участю до 14 чоловік в одній кімнаті, а при використанні додаткових виносних мікрофонів – до 20. Завдяки тому, що камера підтримує USB-підключення за технологією Plug-and-Play, для початку сеансу ВКЗ пристрій досить підключити до ноутбука. Logitech Group підтримує запис відео високої чіткості 1080p із частотою 30 кадрів у секунду. Варті уваги також підтримка стиску відео по стандарті H.264 і десятикратний зум. Як затверджують у компанії, камера сумісна з кожним ПЗ для проведення відеоконференцій.

У комплект Logitech Group входять також пульт дистанційного керування й пристрій голосного зв'язку. Останнє підтримує функції луна- і шумозаглушення, що гарантує природну звукопередачу й у той же час зменшує реверберацію й фоновий шум.

Web-камера Logitech C925e також підтримує відео Full HD (1080p) із частотою 30 кадрів у секунду. Поле огляду камери становить 78° – цього досить для її використання невеликими групами або однією людиною. Модель C925e підтримує технологію RightLight 2 і здатна робити інтелектуальне підстроювання для поліпшення якості зображення при недостатнім висвітленні або наявності заднього підсвічування. Камера підключається за принципом Plug-and-Play і сумісна практично з усіма додатками ВКЗ, включаючи Skype for Business, Lync, Cisco Jabber і WebEx.

## Polycom

Доступна українським замовникам з 2018 року універсальна система Polycom RealPresence Clariti являє собою повнофункціональну інфраструктуру для спільної роботи, здатну забезпечити висока якість аудіо- і відеозв'язку, обмін контентом, підтримку мобільних користувачів, інтеграцію з Microsoft Lync/Skype

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

for Business і багато чого іншого. Розгортання інфраструктури Clariti може бути здійснене як на базі апаратних серверів Polycom, так і з використанням ПЗ для популярних платформ віртуалізації.

Ряд новинок Polycom випустила для так званих huddle rooms – невеликих кімнат або ізольованих просторів усередині офісу, призначених для спільної роботи. Одна з них – RealPresence Debut. Вона проста як у розгортанні, так і у використанні й, як затверджують у компанії, не має аналогів по співвідношенню якості й ціни. Рішення пропонує HD-відео з високою частотою кадрів, можливість обміну контентом з розв'язною здатністю аж до 1080p, а також оснащено аудіоінноваціями Polycom, включаючи технологію NoiseBlock, що усуває зайві шуми.

Ще одне рішення – RealPresence Trio – являє собою перший інтелектуальний центр, що трансформувалася звичний усім трикутний телефон-жабу для сполучення-конференц-зв'язку в потужну систему для спільної роботи. Рішення підтримує технології придушення шуму, передачі аудіо-, відео- і HD-контенту.

### **TrueConf**

Фахівці компанії відзначають, що останнім часом початку активно розвиватися інтеграція ВКЗ із різним устаткуванням і системами. Тому TrueConf відкрила стороннім розроблявачам доступ до комплекту бібліотек SDK для створення мобільних систем ВКЗ. Оскільки SDK можуть використовувати тільки кваліфіковані фахівці, вирішено було також запропонувати більше простий інструмент для інтеграції відеозв'язку. У результаті з'явилися різні набори інструментів для організації програмувальної взаємодії із продуктами TrueConf через інтерфейси API.

TrueConf планує надати користувачам у переговорних кімнатах такі ж гнучкість і функціональність, які вони звикли бачити на своїх робочих місцях. Для цього розроблений перший безкоштовний програмний ВКЗ-термінал – TrueConf Terminal 2.0. Система встановлюється на ПК під керуванням ОС

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Windows, а користувач може управляти терміналом з будь-якого пристрою через Web-браузер.

В 2018 році з'явилися повноцінні 3D-камери, які мають два високоякісних сенсори (по 1080р кожний), автофокус, USB-інтерфейс. Одночасно виник і попит на 3D-ВКЗ. Формально розробку 3D-ВКЗ TrueConf не можна вважати новинкою, однак тільки зараз вона стала затребувана: з'явилися перші серйозні проекти, в основному в області телемедицини.

### **Yealink**

Компанія, що представляє в Україні системи ВКЗ, Yealink як новинки вказала не тільки окремі продукти, але й інтеграційні рішення.

Перше передбачає інтеграцію різного встаткування (кодеки Yealink, матричні відеокмутатори Kramer, засобу керування Crestron, AMX) для побудови складних систем для залів сполучення відео-конференц-зв'язку, де потрібні «просунуті» аудіовізуальні засоби й комплексне керування.

Друге рішення представники Yealink характеризують як «усе з однієї коробки». У його состав входять і апаратний сервер, і програмний MCU, і апаратні кодеки в складі стійки з телевізорами. Що важливо: до трьох чвертей у вартості такого рішення доводиться на зроблені в Україні продукти.

Нарешті, третя новинка, що повинна з'явитися до кінця 2018 року, – це двокамерне рішення «усе в одному» без додавання складних елементів. Все керування буде здійснюватися з пульта або конференц-телефону.

Разом з тим ряд компаній указують на збільшення частки персональних відеотерміналів. Воно відбувається головним чином за рахунок програмних клієнтів. «Сьогодні практично в кожному проекті, крім відеотерміналів для переговорних кімнат, передбачаються програмні відеоклієнти для співробітників, – говорить вона. Тенденція така, що кожному співробітникові повинен бути доступний такий сервіс для оперативної роботи».

Якщо замовник готовий купити апаратний кодек, то найчастіше він здобуває саме груповий кодек. Також відзначимо істотний ріст частки «тонкого

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

кодеку», коли замовник замість класичного апаратного кодексу вибирає рішення на базі ПК або неттопа.

Однієї із причин росту попиту на програмні персональні термінали ВКЗ – підвищення якості відеокамер ноутбуків. При цьому підкреслимо, що якісні й недорогі персональні пристрої ВКЗ теж розвиваються й непогано затребувані.

### **Інфраструктура: апаратна або програмна**

Дані свідчать про те, що замовники досить швидко оцінили переваги програмних серверів MCU – в 2018 році їх використовують уже порядку 30% всіх компаній, що мають системи ВКЗ. Але більшість – 55% – поки віддають перевагу апаратним MCU.

Світові тенденції в ІТ, яким треба Cisco, зложилися на користь не просто програмних систем, а програмних систем, що розгортаються на базі розповсюджених рішень віртуалізації (VMware і Microsoft). Віртуалізовані рішення мають масу переваг перед апаратними серверами. Їх простіше обслуговувати, при виході з ладу апаратної частини їх можна перенести в інший ЦОД або відновити з резервної копії практично миттєво, тоді як при поломці апаратного сервера зроблені в нього інвестиції, швидше за все, виявляться загублені. При необхідності нарощування ємності або продуктивності можна просто виділити віртуальній машині більше ресурсів, а у випадку апаратного рішення прийде здобувати новий сервер. Більше того, необов'язково здобувати апаратну платформу у виробника ПЗ – можна використовувати наявну й відповідну ІТ-стандартам підприємства. И це далеко не повний список переваг віртуалізації, містить експерт Cisco.

В ідеальній з погляду Cisco ситуації виконання відеоз'єднання для користувача не повинне нічим відрізнитися від дзвінка по мобільному телефоні

Класичні апаратні пристрої уступають своє місце програмним серверам відео-конференц-зв'язку. Сучасна інфраструктура ВКЗ являє собою не набір «заліза», а комплекс віртуальних машин у ЦОДі.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Софтверизація є важливою тенденцією ринку ВКЗ, а програмні рішення по своїй функціональності вже практично не уступають апаратним. І ми спостерігаємо появу в замовників інтересу до програмних рішень. Правда, з одним важливим застереженням, що такі рішення здобуваються назавжди – по сценарію «вічного володіння». Але, як показує практика, українські замовники все-таки як і раніше тяжіють до класичних апаратних платформ, а використання програмних інфраструктур, скоріше, доля окремих передових компаній з високим рівнем зрілості ІТ.

На нинішньому етапі розвитку ринку ВКЗ практично вже не важливий тип сервера (програмний або апаратний) – на перше місце виходять питання архітектури системи, вартість підключення одного абонента, наявність підтримки масштабованого кодування відео (SVC). Поява нового стандарту WebRTC з підтримкою SVC змусить багатьох гравців кардинально переглянути політикові ліцензування своїх інфраструктурних рішень. Це здатно зробити революцію, схожу з тої, що викликали програмні рішення.

#### **Модель розгортання: «все своє» або хмари**

Дані однозначно свідчать: на українському ринку домінує модель «все своє» – їй віддають перевагу більше 65% замовників.

Для великого бізнесу важливо мати можливість контролю, а також застосовувати специфічні вимоги до зберігання даних, наприклад в області захисту інформації. Хмарні сервіси, як правило безкоштовні (Skype, Viber і інші), використовують переважно дрібні компанії, а також стартапи.

Традиційно переважає модель «все своє», проекти з переходом у хмару можна перерахувати по пальцях однієї руки, і те в половині з них використовуються власні хмари. Зв'язує він це з тим, що часто системи ВКЗ використовуються для обговорення конфіденційних питань, а поки замовники випробовують недовіру до безпеки хмарних технологій.

Перевага моделі «все своє» пояснюється тим, що багато керівників не довіряють хмарам, вважаючи їх небезпечними. При цьому сама СТІ однієї з

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



Поки в порівнянні із загальносвітовими показниками проникнення хмарних сервісів в Україні ще не так значно. Але інтерес до цих сервісів очевидний, і гібридні рішення можуть стати гарним варіантом для багатьох замовників.

Тенденція до зниження вартості систем ВКЗ очевидна. Схеми ліцензування міняються, ціни стають більше демократичними, а ВКЗ – більше доступною.

Мало того, що замовники прагнуть заощаджувати, вони хочуть за менші гроші придбати більше функцій. Як відзначає Владислав Перегудів, на ринку з'явилися нові моделі, які можна віднести до низькобюджетного сегмента, але вони відповідають сучасним вимогам до ВКЗ, а в ряді випадків надають розширені функції. У першу чергу, це рішення «усе в одному», коли, наприклад, у корпус камери вже убудований термінал. Завдяки привабливій ціні й універсальному функціоналові попит на них досить стабільний.

Якщо раніше вартість оснащення переговорної кімнати системою ВКЗ становила мінімум 500 тис. гривень, то зараз вхідний поріг став нижче, починаючись від 150 тис., – далі все залежить від розміру кімнати й переваг замовника. Така ситуація змушує виробників з «великої трійки» (Cisco, Polycom, Huawei) випускати бюджетні термінали.

Змінюються схеми ліцензування, ціни стають більше демократичними, а ВКЗ – більше доступною.

Питання економії знову приводить багатьох до хмар. У період кризи усе більше компаній урізують бюджет на ВКЗ, і найбільш доступним рішенням виявляється послуга SaaS. Вартість рішення Spontania порівнянна с витратами на офісні потреби – від покупок скріпок до заправлення картриджів (та й то на 26 доларів на місяць особливо не розгуляєшся). При цьому замовник одержує можливість проведення нарад і конференцій цілодобово.

Ще одна тенденція – бажання замовників здобувати встаткування в оренду. Причина тому – нестабільна економічна ситуація: клієнти не хочуть

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

вкладати гроші прямо зараз, прагнучи перенести витрати на OPEX. Але така модель продажів становить інтерес не для всіх учасників ринку

У цілому ситуація на українському ринку ВКЗ характеризується появою нових гравців і посиленням конкуренції, що, безумовно, сприяє зниженню цін. Якщо до цього додати підривний ріст числа потенційних терміналів ВКЗ (у першу чергу завдяки росту популярності Skype for Business і розвитку технології WebRTC), то перешкод на шляху масового використання відеозв'язку стає усе менше. Якщо виходити з кількості проданого класичного встаткування ВКЗ, то в результаті може створитися враження, що ринок «просів», але насправді проникнення відео в корпоративне середовище «розширюється» і «заглиблюється». Просто не завжди нові застосування підпадають під класичне поняття ВКЗ.

### 3.2 Розробка структурної схеми

Давайте розглянемо, як працює технологія WebRTC, використовуючи приклад peer-to-peer виклику на основі браузера:

- Користувач відкриває сторінку WebRTC.
- Браузер може запитувати доступ до веб-камери та мікрофона. У цьому випадку користувачеві потрібно надати дозвіл застосунку WebRTC на доступ до своїх пристроїв. Також є випадки, коли цей дозвіл не потрібен, наприклад, під час перегляду прямої трансляції.

- Пакет SDP (Session Description Protocol) генерується в браузері, який ініціює з'єднання. Фактично, це текстовий файл, який містить важливі деталі з'єднання, наприклад, тип медіаданих (аудіо, відео чи контент), кодеки, які параметри підтримуються браузером тощо.

- Залежно від того, як реалізована технологія, ініціатор з'єднання передає цей пакет іншим учасникам. Для цієї мети часто використовується сигнальний сервер та протокол WebSocket.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

– На стороні приймача браузер отримує SDP-пакет, а потім генерує аналогічний, який також приймає дані з першого пакета. Другий пакет надсилається назад стороні ініціатора. Тепер обидва клієнти вже певним чином познайомилися один з одним.

– Залежно від його реалізації, стан мережевого з'єднання аналізується разом з попередніми кроками. Клієнтам надається адреса STUN-сервера, яка використовується для визначення зовнішньої IP-адреси пристрою. Потім вона порівнюється з внутрішньою IP-адресою, щоб визначити, чи використовується NAT для з'єднання, і якщо так, то як маршрутизуються UDP-пакети. У складніших випадках, наприклад, коли використовується подвійний NAT, розробники використовують TURN-сервери. Вони, по суті, є ретрансляторами, що перетворюють P2P-з'єднання на клієнт-сервер-клієнт.

– Після успішного виконання цих кроків з'єднання встановлюється. Подія onicescandidate періодично викликається для передачі інформації про IP-адреси, налаштування NAT та спроби з'єднання між клієнтами.

Переваги:

- Встановлення програмного забезпечення не потрібне.
- Високоякісний зв'язок завдяки:
  - Сучасні відео- та аудіокодеки.
  - Автоматичне налаштування якості.
  - Вбудоване придушення луни та шуму.
  - Автоматичне регулювання підсилення (АРП).
- Сильний акцент на безпеці: усі з'єднання захищені та шифруються за протоколами DTLS та SRTP. Водночас WebRTC працює лише за протоколом HTTPS, тоді як вебсайт, що використовує цю технологію, повинен мати підписаний сертифікат.
- Підтримка SVC додана в рамках реалізації кодеків VP9 та AV1. Незважаючи на те, що браузери ще не підтримують SVC, TrueConf дозволяє використовувати SVC у клієнтських браузерах.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- Вбудована функція спільного доступу до робочого столу.
- Інтерфейси керування на основі HTML5 та JavaScript.
- Проект з відкритим кодом, який можна вбудувати у ваш продукт або послугу.
- Кросплатформність: WebRTC-додаток однаково добре працює з будь-якою операційною системою – настільною чи мобільною – якщо браузер підтримує WebRTC. Це значно економить ресурси розробки програмного забезпечення.

Недоліки:

- Рішення WebRTC несумісні одне з одним, оскільки стандарт описує лише методи передачі відео- та аудіоданих, дозволяючи розробникам вирішувати питання щодо методів адресації, параметрів відстеження стану, обміну повідомленнями та файлами, планування тощо. Іншими словами, ви не можете здійснювати дзвінки з однієї програми WebRTC до іншої.
- Користувачі, які піклуються про безпеку, будуть розчаровані, дізнавшись, що WebRTC визначає їхні справжні IP-адреси. Водночас ні проксі, ні мережа Tor не допоможуть зберегти анонімність. Ви можете приховати свою IP-адресу за допомогою різних VPN-сервісів та сервера TURN. За потреби WebRTC можна вимкнути .
- WebRTC не підтримує керування віддаленим робочим столом. Звичайно, ви можете транслювати те, що відбувається на екрані вашого пристрою, але це односторонній відеопотік, як зображення, що передається з камери, при цьому немає можливості взаємодіяти з джерелом потоку. Це зроблено з міркувань безпеки: код Javascript не може керувати нічим поза межами поточного вікна браузера. Ви можете отримати більше функцій, включаючи керування віддаленим робочим столом, використовуючи клієнтські програми, налаштовані постачальниками відеоконференцій.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

## Кодеки WebRTC

Кодеки WebRTC можна розділити на обов'язкові (браузери, що реалізують цю технологію, повинні підтримувати ці кодеки) та додаткові (нестандартні, хоча деякі браузери їх підтримують).

### Аудіокодеки

Для стиснення аудіотрафіку WebRTC використовує обов'язкові (Opus та G.711) та додаткові кодеки (G.722, iLBC, iSAC).

**Opus** – це аудіокодек з низькою затримкою (від 2,5 мс до 60 мс), підтримкою змінного бітрейту та високим рівнем стиснення, що ідеально підходить для потокової передачі аудіо в мережах зі змінною пропускну здатністю. Opus – основний аудіокодек для WebRTC. Це гібридне рішення, яке поєднує найкращі можливості кодеків SILK (стиснення голосу та покращення людської мови) та CELT (кодування аудіо). Кодек є відкритим та повністю безкоштовним. Безсумнівно, Opus перевершує інші аудіокодеки за багатьма параметрами. За кількістю параметрів він перевершує досить популярні кодеки з низьким бітрейтом, такі як MP3, Vorbis та AAC LC. Порівняно з AMR-WB та Speex, Opus відновлює аудіоструктуру, яка є найближчою до оригіналу.

**G.711** – це застарілий високошвидкісний (64 кбіт/с) мовний кодек, розроблений для використання в традиційних VoIP-системах. Головною перевагою є мінімальне обчислювальне навантаження завдяки легким алгоритмам стиснення. Кодек має низький рівень стиснення аудіосигналів і не збільшує затримку аудіо під час зв'язку між користувачами.

G.711 підтримується багатьма пристроями. Системи, що використовують цей кодек, простіші у використанні, ніж ті, що базуються на інших аудіокодеках, таких як G.723, G.726, G.728 тощо. Що стосується якості, G.711 отримав 4,2 бала в тестуванні MOS (бал 4–5 є найвищим і означає хорошу якість, подібну до якості голосового трафіку в ISDN і навіть вищу).

**G.722** – це стандарт ІТУ-Т, прийнятий у 1988 році, який не вимагає сплати роялті. Він може працювати зі швидкістю 48, 56 та 64 кбіт/с, забезпечуючи

якість звуку, еквівалентну G.711. Подібно до G.711, він є застарілим, але все ще підтримується Chrome, Safari та Firefox.

**iLBC** (інтернет-кодек з низьким бітрейтом) – це вузькосмуговий мовний кодек з відкритим кодом, що підтримується Chrome та Safari. Через високий рівень стиснення потоку цей кодек збільшує навантаження на процесор.

**iSAC** (інтернет-звуковий кодек для мовлення) – це раніше власний широкосмуговий аудіокодек для мовлення, який тепер є частиною проекту WebRTC. Однак він не є обов'язковим, але підтримується Chrome та Safari. У випадку WebRTC він використовує адаптивний бітрейт від 10 до 52 кбіт/с із частотою дискретизації 32 кГц.

### **Відеокодеки**

Який відеокодек обрати для WebRTC? Розробникам довелося думати над цим кілька років, і відповідь – VP8 та H.264. Також є додаткові відеокодеки (H.265, VP9 та AV1).

**VP8** – це безкоштовний відкритий відеокодек, що характеризується високою швидкістю декодування відео та покращеною стійкістю до втрати кадрів. Кодек багатфункціональний: його легко інтегрувати в апаратні платформи, тому постачальники послуг відеоконференцій часто використовують його у своїх продуктах. Він сумісний з Chrome, Edge, Firefox та Safari (12.1+).

Платний відеокодек H.264 став відомий набагато раніше за свого аналога. Цей кодек пропонує високий коефіцієнт стиснення відеопотоків, зберігаючи при цьому високу якість відео. Широко використовується в апаратних системах відеоконференцій, він ідеально підходить для WebRTC. Він сумісний з Chrome (52+), Edge, Firefox (більше не підтримується у версіях 68+ для Android) та Safari.

**VP9** – це відкритий та безкоштовний стандарт стиснення відео, розроблений Google у 2012 році. Згодом розширений в рамках AV1It, він є результатом ідей, що лежать в основі VP8. Цей кодек сумісний з Chrome (48+) та Firefox.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

**H.265** – це платний відеокодек, який розглядається як наступник H.264 та забезпечує таку ж візуальну якість при вдвічі меншому бітрейті. Це можливо завдяки ефективнішим алгоритмам стиснення. Наразі цей кодек конкурує з безкоштовним AV1.

**AV1** – це кодек стиснення відео з відкритим кодом, спеціально розроблений для передачі відео через Інтернет. Він підтримується Chrome (70+) та Firefox (67+).

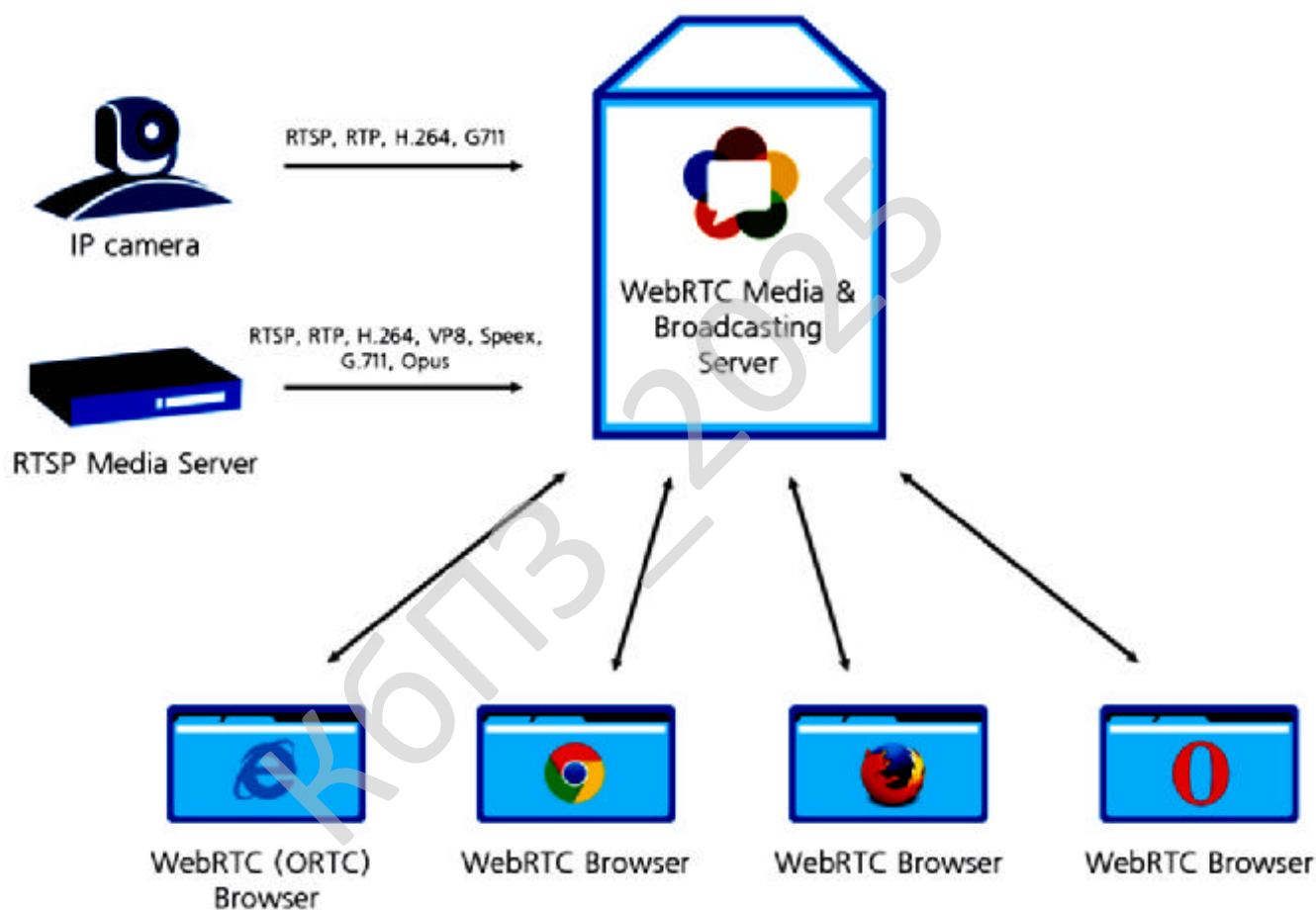


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

### 3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.2.

Зі схеми видно, що розроблена система складається з наступних частин:

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

### 1. Припустимі дозволи захвату відео.

– для локальних відеокамер 384x288, 480x360, 560x420, 640x480, 720x540, 768x576 (напівкадр і повний кадр).

– для мережних камер 176x144, 240x180, 320x240, 352x240, 352x288, 384x288, 480x360, 560x420, 640x480, 704x420, 704x576, 720x540, 720x576, 768x576, 1280x720, 1280x960, 1280x1024, 1600x1200.

### 2. Програмний детектор руху.

Програмний детектор руху працює на основі порівняння кількості змінених пікселів у сусідніх відеокадрах із заданим у налаштуваннях граничним значенням для кожної відеокамери.

Додатково включає наступні технології:

- налаштування рівня шуму;
- виділення областей аналізу накладенням маски;
- групування в тимчасові сеанси руху.

### 3. Режими запису відеокадрів.

- без запису на жорсткий диск,
- запис відеокадрів по спрацьовуванню детектора;
- запис по детектору + запис певної кількості відеокадрів до/після спрацьовування детектора (режими передзапису й післязапису).

Відеокадри можуть зберігатися у файлах наступного формату:

- файли у форматі покадрового кодування та передачі відеоданих на основі ієрархічного кодування;
- окремі файли JPEG;
- фільми AVI, стиск кодеком MJPEG.

Відеоархів – циклічний (кільцевий), з видаленням частини старих даних при досягненні вільного місця жорсткого диска певної величини.

Забезпечено можливість накладення (малювання) тексту й часу на збережений відеокадр.

### 4. Режими спостереження.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Перегляд у режимі реального часу можливий:

– за допомогою локальної програми, що виводить зображення форматах квадратор, мультіекран, поліекран і ін.;

– за допомогою веб-браузера з дозволених віддалених комп'ютерів.

5. Керування й налаштування.

Реалізована для зареєстрованих користувачів по паролю.

6. Перегляд відеоархіву.

Реалізований для зареєстрованих користувачів по паролю.

7. Реакції на події.

– Програвання звукового файлу на початок і закінчення сеансу руху.

– Повідомлення через e-mail по початку сеансу руху із вкладеним JPEG файлом першого кадру руху (прим: по мережі на SMTP сервер).

– Виконання користувальницьких скриптів і завдань.

8. Багатокористувальницький доступ.

У системі передбачені 4 групи користувачів:

– інсталятори (установники),

– адміністратори,

– оператори архіву,

– оператори спостереження.

Кількість користувачів і віддалених робочих місць програмно не обмежено.

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

9. Допомога.

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

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

### 3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма процесів розробленої системи зображена на рисунку 3.3. При детальному її розгляді можна побачити як саме проходить взаємодія у розробленій системі. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.

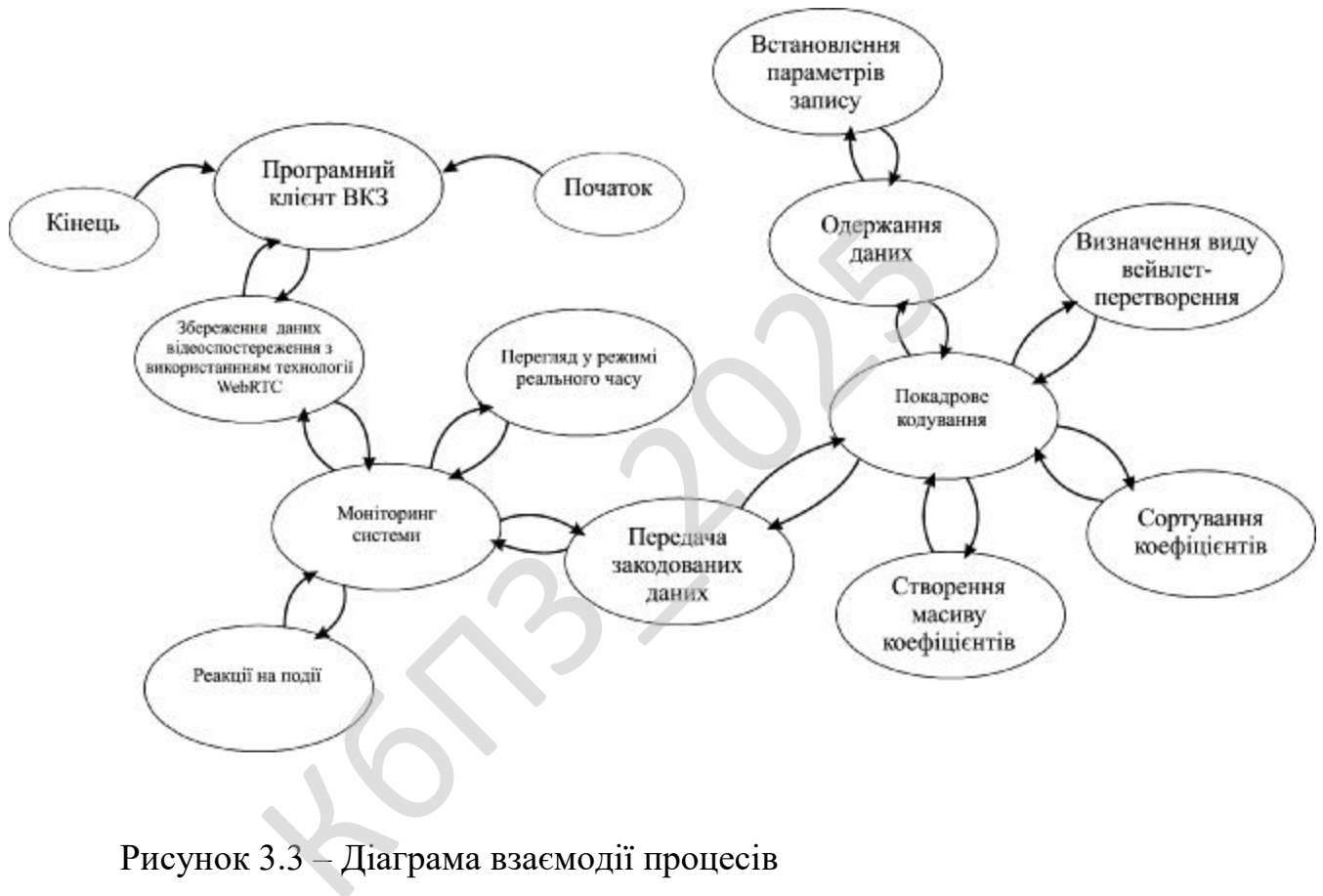


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

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.

Діаграми потоків даних містять чотири типи елементів:

– Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.

– Сховища даних (репозиторії).

– Зовнішні по відношенню до системи сутності.

– Потоки даних між елементами трьох попередніх типів.

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.

КБПЗ – 2025

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51









```

}
// Визволяємо ресурси
private void Free()
{
    thread = null;
    // Випуск події
    stopEvent.Close();
    stopEvent = null;
}
// Точка входу події
public void WorkerThread()
{
    byte[] buffer = new byte[bufSize];
// Буфер читання потоку
    HttpWebRequest req = null;
    WebResponse resp = null;
    Stream stream = null;
    Random rnd = new Random((int) DateTime.Now.Ticks);
    DateTime start;
    TimeSpan span;
    while (true)
    {
        int read, total = 0;
        try
        {
            start = DateTime.Now;
            // створюємо запит
            if (!preventCaching)
            {
                req = (HttpWebRequest) WebRequest.Create(source);
            }
            else
            {
                req = (HttpWebRequest) WebRequest.Create(source +
                ((source.IndexOf('?') == -1) ? '?' : '&') + "fake=" + rnd.Next().ToString());
            }
            // встановлюємо логін та пароль
            if ((login != null) && (password != null) && (login != ""))
                req.Credentials = new NetworkCredential(login, password);
            // встановлюємо найменування групи підключення
            if (useSeparateConnectionGroup)
                req.ConnectionGroupName = GetHashCode().ToString();

```

						<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			<b>56</b>

```

// отримуємо відповідь
resp = req.GetResponse();
// отримуємо відповідь потоку
stream = resp.GetResponseStream();
// цикл
while (!stopEvent.WaitOne(0, true))
{
// перевіряємо загальне читання
    if (total > bufSize - readSize)
    {
        total = 0;
    }
// Читаємо наступний блок у потоці
    if ((read = stream.Read(buffer, total, readSize)) == 0)
        break;
    total += read;
// Додаємо лічильник зчитаних байт
    bytesReceived += read;
}
if (!stopEvent.WaitOne(0, true))
{
    // додаємо лічильник фреймів
    framesReceived++;
// остановка читання зображення
    if (NewFrame != null)
    {
        Bitmap bmp = (Bitmap) Bitmap.FromStream
            (new MemoryStream(buffer, 0, total));
// Клієнт увідомлення
        NewFrame(this, new CameraEventArgs(bmp));
// Будуємо картинку
        bmp.Dispose();
        bmp = null;
    }
}
// Чекаємо в циклі
    if (frameInterval > 0)
    {
// діапазон часу
        span = DateTime.Now.Subtract(start);
// засипання у мілісекундах
        int msec = frameInterval - (int) span.TotalMilliseconds;

```

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

```

        while ((msec > 0) && (stopEvent.WaitOne(0, true) == false))
        {
// засипання ...
            Thread.Sleep((msec < 100) ? msec : 100);
            msec -= 100;
        }
    }
}
catch (WebException ex)
{
    System.Diagnostics.Debug.WriteLine("=====: " + ex.Message);
// чекаємо у циклі наступну спробу
    Thread.Sleep(250);
}
catch (Exception ex)
{
    System.Diagnostics.Debug.WriteLine("=====: " + ex.Message);
}
finally
{
// помилка запиту
    if (req != null)
    {
        req.Abort();
        req = null;
    }
// закриваємо потоку
    if (stream != null)
    {
        stream.Close();
        stream = null;
    }
// close response
    if (resp != null)
    {
        resp.Close();
        resp = null;
    }
}
// need to stop ?
    if (stopEvent.WaitOne(0, true))
        break;    }    }    }

```

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>58</b>



Рішення це показує рішення або функцію перемикального типу з одним входом і двома або більше альтернативними виходами, з яких тільки один може бути обраний після обчислення умов, визначених всередині цього елемента. Вхід в елемент позначається лінією, що входить зазвичай у верхню вершину елемента. Якщо виходів два чи три то зазвичай кожен вихід позначається лінією, що виходить з решти вершин (бічних і нижній). Якщо виходів більше трьох, то їх слід показувати однією лінією, що виходить з вершини (частіше нижній) елемента, яка потім розгалужується. Відповідні результати обчислень можуть записуватися поруч з лініями, що відображають ці шляхи.

Зумовлений процес (підпрограма) це символ відображає виконання процесу, що складається з однієї або кількох операцій, що визначені в іншому місці програми (у підпрограмі, модулі). Всередині символу записується назва процесу і передані в нього дані.

Дані це перетворення у форму, придатну для обробки (введення) або відображення результатів обробки (виведення). Цей символ не визначає носія даних (для вказівки типу носія даних використовуються специфічні символи).

З'єднувач це символ відображає вихід в частину схеми і вхід з іншої частини цієї схеми. Використовується для обриву лінії та продовження її в іншому місці (приклад: поділ блок-схеми, що не поміщається на листі). Відповідні сполучні символи повинні мати одне (при тому унікальне) позначення.

Блок-схеми є першоджерелами стратегії розвитку ПЗ. 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 оптимізації програми високого рівня, також те, що при розробці програми слід надати особливу увагу модулю програмного клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

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

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

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 підпрограми 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.

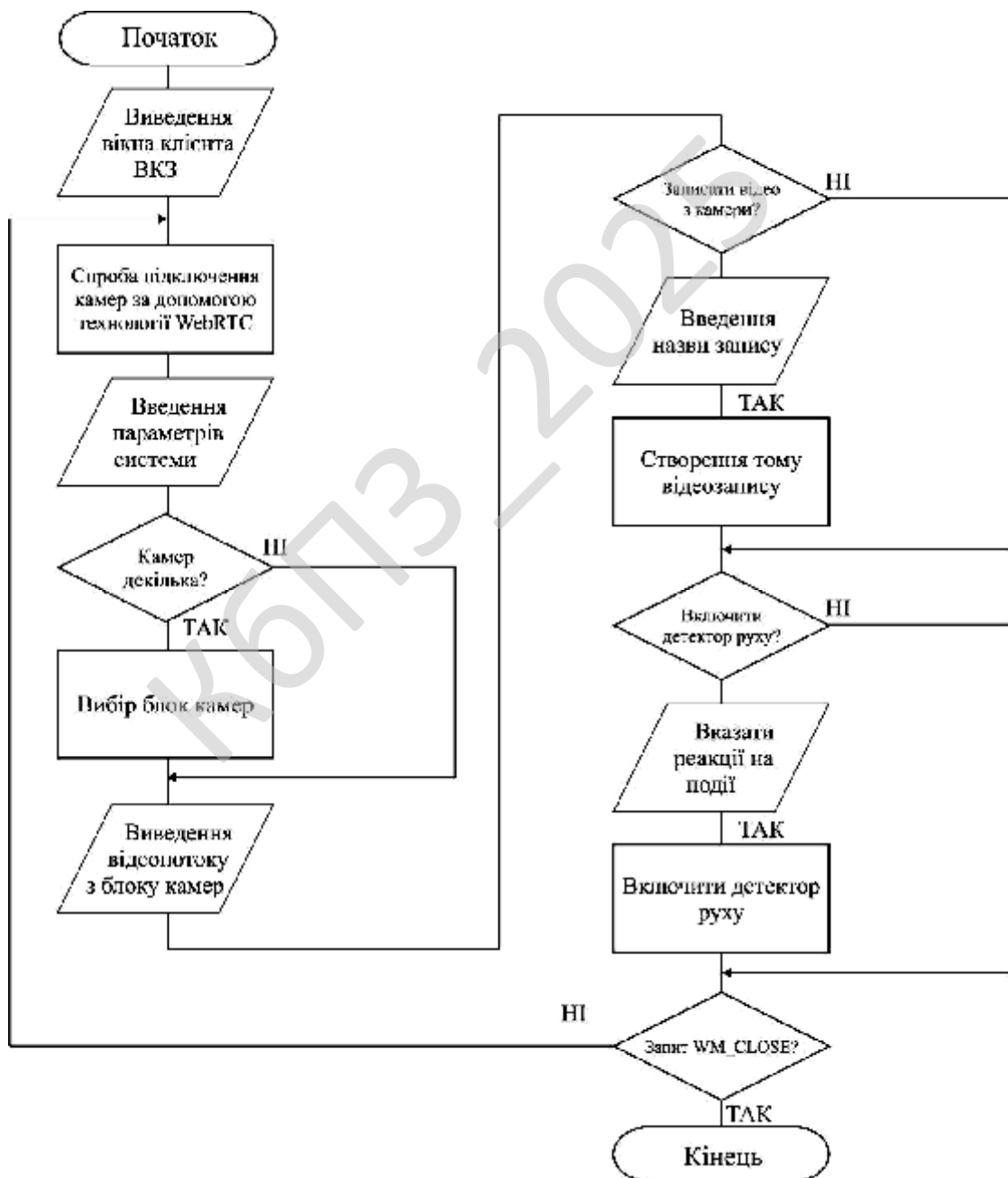


Рисунок 4.1 – Блок-схема основної програми

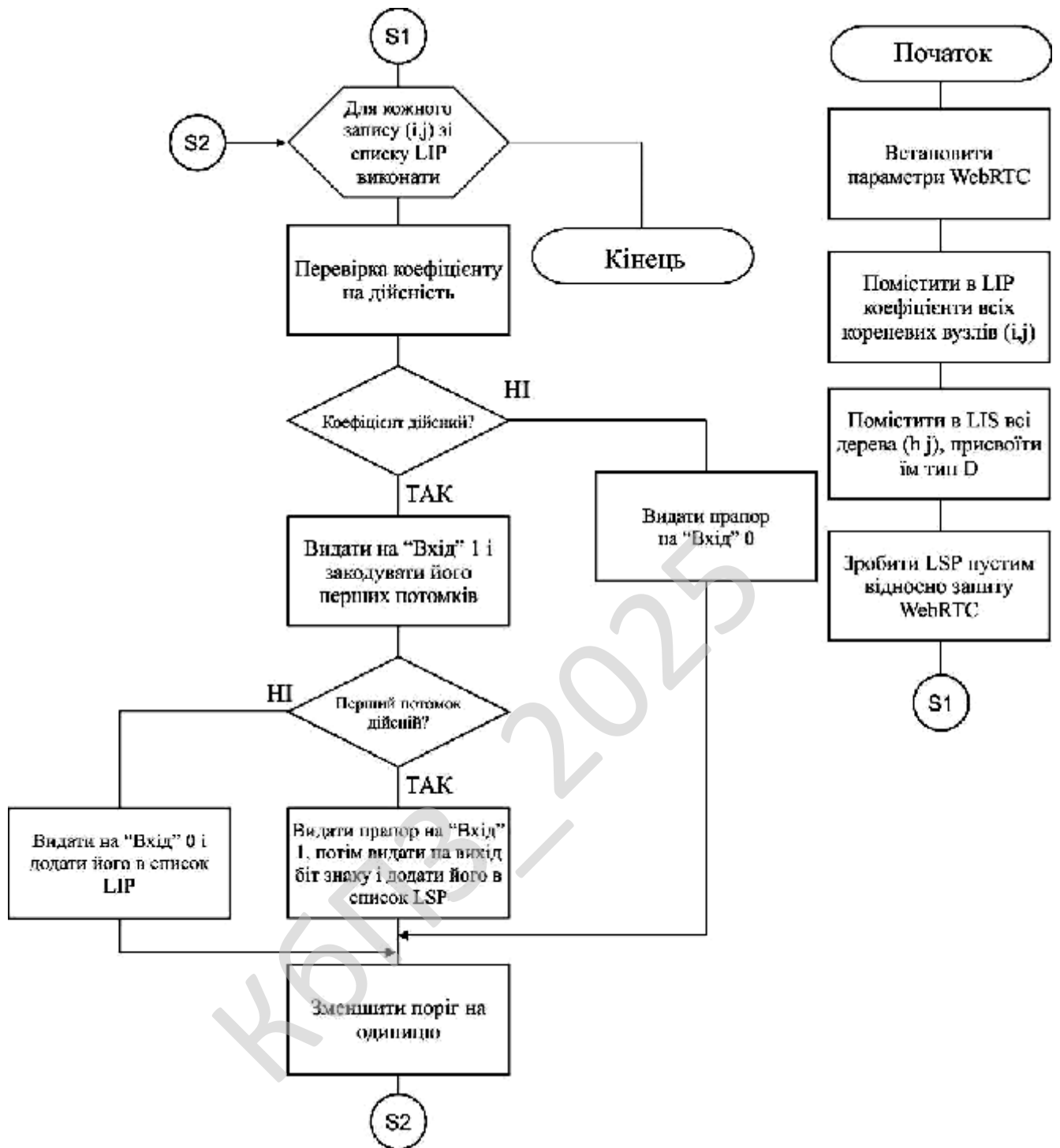


Рисунок 4.2 – Блок-схема роботи підпрограми

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

UML може бути застосовано на всіх етапах життєвого циклу аналізу бізнес-систем і розробки прикладних програм. Різні види діаграм які підтримуються UML, і найбагатший набір можливостей представлення певних аспектів системи робить UML універсальним засобом опису як програмних, так і ділових систем.

Діаграми дають можливість представити систему (як ділову, так і програмну) у такому вигляді, щоб її можна було легко перевести в програмний код. Основною причиною використання мови UML є спілкування розробників між собою.

Крім того, UML спеціально створювалася для оптимізації процесу розробки програмних систем, що дозволяє збільшити ефективність їх реалізації у кілька разів і помітно поліпшити якість кінцевого продукту.

UML прекрасно зарекомендувала себе в багатьох успішних програмних проектах. Засоби автоматичної генерації кодів дозволяють перетворювати моделі мовою UML у вихідний код об'єктно-орієнтованих мов програмування, що ще більш прискорює процес розробки. Практично усі CASE-засоби (програми автоматизації процесу аналізу і проектування) мають підтримку UML. Моделі розроблені в UML, дозволяють значно спростити процес кодування і направити зусилля програмістів безпосередньо на реалізацію системи.

Діаграми підвищують супроводжуваність проекту і полегшують розробку документації.

UML необхідний:

– Керівникам проектів, які керують розподілом завдань і контролем за проектом.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

– Проектувальникам інформаційних систем які розробляють технічні завдання для програмістів.

– Бізнес-аналітикам, які досліджують реальну систему і здійснюють інжиніринг і реінжиніринг бізнесу компанії.

– Програмістам які реалізують модулі інформаційної системи.

При модифікації системи об'єктний підхід дозволяє легко включати в систему нові об'єкти і виключати застарілі без істотної зміни її життєздатності. Використання побудованої моделі при модифікаціях системи дає можливість усунути небажані наслідки змін, оскільки вони не ламають структури системи, а тільки змінюють поведінку об'єктів.

Також при розробці магістерської дипломної роботи було використано наступні підходи UML: діаграма діяльності (діаграми поведінки типу); діаграма прецедентів (діаграми поведінки типу); Діаграма класів.

Діаграма діяльності. Це візуальне представлення графу діяльностей. Граф діяльностей є різновидом графу станів скінченного автомату, вершинами якого є певні дії, а переходи відбуваються по завершенню дій. Дія є фундаментальною одиницею визначення поведінки в специфікації. Дія отримує множину вхідних сигналів, та перетворює їх на множину вихідних сигналів.

Одна із цих множин, або обидві водночас, можуть бути порожніми. Виконання дії відповідає виконанню окремої дії. Подібно до цього, виконання діяльності є виконанням окремої діяльності, буквально, включно із виконанням тих дій, що містяться в діяльності. Кожна дія в діяльності може виконуватись один, два, або більше разів під час одного виконання діяльності. Щонайменше, дії мають отримувати дані, перетворювати їх та тестувати, деякі дії можуть вимагати певної послідовності.

Специфікація діяльності (на вищих рівнях сумісності) може дозволяти виконання декількох (логічних) потоків, та існування механізмів синхронізації для гарантування виконання дій у правильному порядку.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



Включення (include) у мові UML – це різновид відношення залежності між базовим варіантом використання і його спеціальним випадком. При цьому відношенням залежності (dependency) є таке відношення між двома елементами моделі, при якому зміна одного елемента (незалежного) приводить до зміни іншого елемента (залежного).

Відношення розширення (extend) визначає взаємозв'язок базового варіанта використання з іншим варіантом використання, функціональна поведінка якого задіюється базовим не завжди, а тільки при виконанні додаткових умов.

Діаграма класів це статичне представлення структури моделі. Відображає статичні (декларативні) елементи, такі як: класи, типи даних, їх зміст та відношення.

Діаграма класів, також, може містити позначення для пакетів та може містити позначення для вкладених пакетів. Також, діаграма класів може містити позначення деяких елементів поведінки, однак їх динаміка розкривається в інших типах діаграм.

Діаграма класів (class diagram) служить для представлення статичної структури моделі системи в термінології класів об'єктно-орієнтованого програмування. На цій діаграмі показують класи, інтерфейси, об'єкти й кооперації, а також їхні відносини.

В UML існують наступні типи зв'язків які використовуються у діаграмі класів: Асоціації; Агрегація; Композиція.

Асоціації це якщо між двома класами визначена асоціація, то можна переміщатися від об'єктів одного класу до об'єктів іншого. Цілком припустимі випадки, коли обидва кінці асоціації відносяться до одного і того ж класу. Це означає, що з об'єктом деякого класу дозволено зв'язати інші об'єкти з того ж класу. Асоціація, що зв'язує два класи, називається бінарної. Можна, хоча це рідко буває необхідним, створювати асоціації, що зв'язують відразу кілька класів. Графічно асоціація зображується у вигляді лінії, що з'єднує клас сам з собою або з іншими класами.

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66



з незафарбованим ромбом з боку «цілого». Графічно агрегація представляється порожнім ромбом на блоці класу, і лінією, яка від цього ромба до міститься класу.

Композиція це більш суворий варіант агрегації. Відома також як агрегація за значенням.

Композиція має жорстку залежність часу існування екземплярів класу контейнера та примірників містяться класів. Якщо контейнер буде знищений, то весь його вміст буде також знищено. Графічно представляється як і агрегація, але з зафарбовани ромбиком.

#### 4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм SEED – у криптографії симетричний блоковий криптоалгоритм на основі Мережі Фейстеля, розроблений Корейським агентством інформаційної безпеки (Korean Information Security Agency, KISA) в 1998 році. В алгоритмі використовується 128-бітний блок і ключ довжиною 128 біт. Алгоритм одержав широке поширення й використовується фінансовими й банківськими структурами, виробничими підприємствами й бюджетними установами Південної Кореї, оскільки 40-бітний SSL не забезпечує на даний момент мінімально необхідного рівня безпеки. Агентством по захисту інформації специфіковане використання шифру SEED у протоколах TLS і S/MIME. У той же час, алгоритм SEED не реалізований у більшості сучасних браузерів і інтернет-додатків, що утрудняє його використання в даній сфері поза межами Південної Кореї.

SEED являє собою мережу Фейстеля з 16 раундами, 128-бітовими блоками й 128-бітовим ключем. Алгоритм використовує дві  $8 \times 8$  таблиці підстановки, які, як такі з Safer, виведені з дискретного зведення в ступінь (у цьому випадку,  $x^{247}$  і  $x^{251}$  – плюс деякі «несумісні операції»). Це є деякою подібністю с MISTY1 у рекурсивності його структури: 128-бітовий повний шифр – мережа Фейстеля з F-

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

функцією, що впливає на 64-бітові половини, у той час як сама F-функція – Мережа Фейстеля, складена з G-функції, що впливає на 32-розрядні половини. Однак рекурсія не простягнеться далі, тому що G-функція – не Мережа Фейстеля. В G-функції 32-розрядне слово розглядають як чотири 8-бітових байта, кожний з яких проходить через одну або іншу таблицю підстановки, потім поєднується в помірковано комплексному наборі булевих функцій таким чином, що кожний біт виводу залежить від 3 з 4 вхідних байтів.

SEED має складний ключовий розклад, генеруючи тридцять два 32-розрядних додаткових символу, використовуючи G-функції на серіях обертань вихідного неопрацьованого ключа, комбінованого зі спеціальними раундовими константами (як в TEA) від «Золотого співвідношення» (англ. Golden ratio).

Згідно з дослідженнями KISA, алгоритм SEED «надійно протистоїть відомим атакам».

КБПЗ\_2025

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>69</b>

## 5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Розглянемо розроблене ПЗ програмного клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC яке зображено на рисунку 5.1. З рисунку можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Навігаційне меню: Налаштування; Отриманий матеріал; БД; Допомога.
- Функції представлені у графічному вигляді.
- Розділу виведення результату роботи системи – отримане відео.
- Навігаційного меню яке викликається натисканням правої клавіші маніпулятора миші.
- Функціональних кнопок ПЗ клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

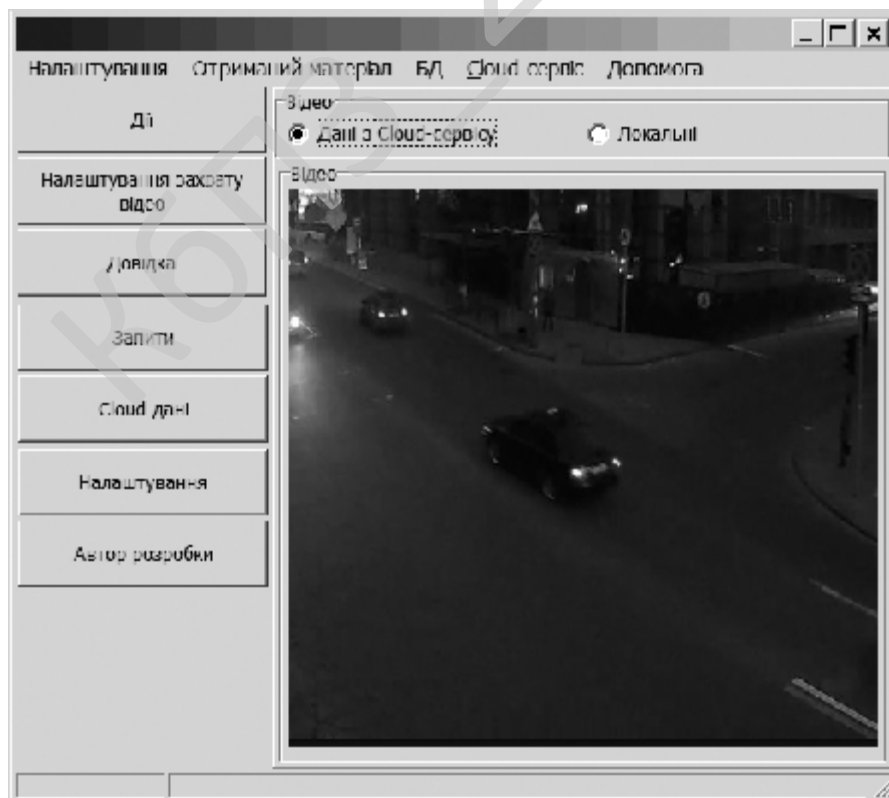


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Розроблена програма має дуже простий і інтуїтивно 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 помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення.

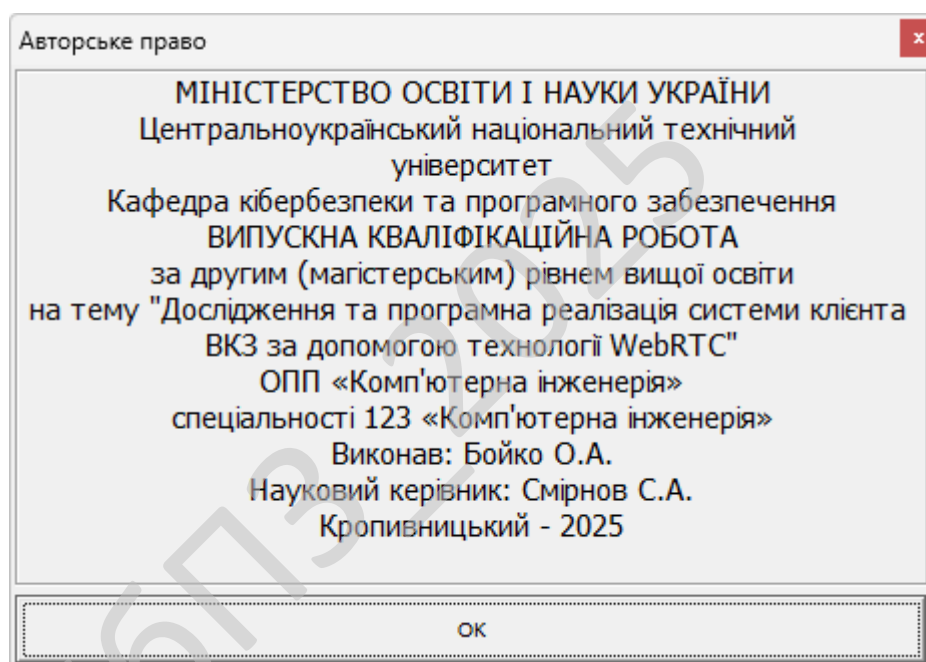


Рисунок 5.2 – Авторське право

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.

До діяльностей пов'язаних із розгортанням програмного забезпечення відносять:

- Випуск.
- Встановлення та активація.
- Деактивація.
- Адаптація.
- Обновлення.
- 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

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

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.

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 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.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

- 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.

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;
- помилок 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 – commercial software. Програмне забезпечення, створене комерційною організацією з метою отримання прибутку від його використання іншими, наприклад, шляхом продажу копій.

Найважливішою особливістю комерційних програмних продуктів є підтримка великих компаній, прямо зацікавлених у поширенні програм. Багато організацій надають виключно платну підтримку своїх продуктів, такий підхід, як правило, використовують організації, надають відкриті вихідні коди. Для продуктів, що розповсюджуються на комерційній основі діють зазвичай безкоштовні служби підтримки, покликані збільшити рівень довіри у клієнтів і потенційних покупців.

Далеко не завжди, але як правило терміни критично важливих змін в комерційних продуктах значно менше, ніж у некомерційних проєктів. Це пов'язано з тим, що над комерційним продуктом працюють цілі групи розробників і ця робота є їх основним заняттям. Розробникам-початківцям як правило доводиться шукати додаткові способи заробітку, і це збільшує час, що витрачається на доповнення і зміни програм. Так як основним рушійним фактором створення комерційного ПЗ є одержання прибутку, то комерційні програмні продукти першими заповнюють вільні ніші та пропонують варіанти вирішення завдань відразу по мірі виявлення вакууму в будь-якому секторі ринку.

Окремий вид комерційних програм, коли їх розробка оплачується безпосередньо замовником. Такі програми найчастіше позбавлені всіх переваг комерційних продуктів, оскільки мають обмежений бюджет, але більш адаптовані до вимог замовника, ніж аналоги.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

## 6 НАУКОВА НОВИЗНА

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

*Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.*

*Об'єктом дослідження є процес клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.*

*Предметом дослідження є методи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.*

*Методи дослідження базуються на методах обробки інформації у комп'ютерній мережі, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.*

**Наукова новизна отриманих результатів.** У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- Удосконалено метод клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.
- Розроблено вітчизняний продукт клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC, який має більш широкі можливості, на відміну від існуючих аналогів.

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

## 7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

### 7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати дослідження та програмної реалізації клієнта ВКЗ на основі технології WebRTC можуть бути цікавими широкому колу спеціалістів і компаній. По-перше, керівникам контактних центрів, які шукають способи оптимізувати комунікацію з клієнтами, зменшити витрати на інфраструктуру та покращити ефективність роботи операторів. Технологія WebRTC дозволяє суттєво знизити витрати на телефонне обладнання і забезпечити більш гнучкий підхід до організації контактних центрів, зокрема через можливість використання стандартних браузерів без необхідності у додаткових плагінах.

Також ці результати будуть корисні для розробників програмного забезпечення та системних інтеграторів, які спеціалізуються на впровадженні рішень для корпоративних клієнтів. Вони зможуть застосовувати цю технологію для розробки власних рішень, що значно полегшує інтеграцію з іншими існуючими інфраструктурами компаній.

Маркетологи та бізнес-аналітики, що працюють з оптимізацією бізнес-процесів, також будуть зацікавлені в результатах, оскільки технологія WebRTC дозволяє створювати інноваційні канали комунікації, які можуть значно покращити клієнтський досвід. Крім того, компанії, які займаються наданням послуг через інтернет-платформи, будуть зацікавлені у використанні цієї технології для покращення комунікації в реальному часі з клієнтами, а також для інтеграції функцій відео- та голосового зв'язку прямо в веб-браузері.

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

## 7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Оцінка привабливості програмної реалізації системи клієнта ВКЗ, побудованої на WebRTC, може бути здійснена за допомогою методу експертних оцінок. Прикладом такого підходу є застосування методу парних порівнянь, коли експерти надають оцінки різним аспектам впровадження технології WebRTC, таким як ефективність комунікації, зручність інтеграції, економічна вигода та масштабованість рішення.

Наприклад, якщо група експертів оцінює ефективність технології WebRTC в порівнянні з традиційними системами для віртуальних контактних центрів, то вони можуть порівнювати параметри, як-от швидкість з'єднання, якість звуку та відео, зручність користування та зниження витрат на інфраструктуру. Кожен критерій отримує певну кількість балів, які згодом підсумовуються для визначення загальної привабливості рішення для організацій. Якщо більшість експертів вказує на високу економічну вигоду та зручність інтеграції з існуючими системами компаній, це вказує на високий потенціал технології для широкого впровадження.

## 7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для оцінки вартості програмної реалізації системи клієнта ВКЗ, побудованої на основі технології WebRTC, оптимальним є метод вартості життєвого циклу (LCC – Life Cycle Costing). Цей метод дозволяє оцінити загальні витрати на проект на всіх етапах його існування, починаючи від розробки та впровадження системи і закінчуючи підтримкою та оновленням системи в майбутньому.

У цьому контексті потрібно враховувати не тільки початкові витрати на розробку та впровадження WebRTC-рішення, а й поточні витрати на технічну

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

підтримку, оновлення програмного забезпечення та покращення безпеки. Цей підхід дозволяє обчислити загальну вартість, що включає в себе і витрати на навчання персоналу, і витрати на налаштування інфраструктури. Оцінка вартості життєвого циклу допомагає більш точно визначити економічну доцільність і дозволяє підприємству прийняти зважене рішення про впровадження цієї технології.

#### **7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості**

Підприємство активно використовує відеоконференцзв'язок для проведення нарад, дистанційної роботи, онлайн-тренінгів та переговорів. До впровадження власного WebRTC-клієнта використовувалися: сторонні комерційні сервіси (Zoom, MS Teams, Cisco Webex); окремі ліцензії для кожного співробітника; серверні рішення, що потребували дорогого масштабування; нестабільна сумісність з мобільними пристроями та браузерами; високі витрати на IT-підтримку та адміністрування.

Розробка власного клієнта ВКЗ на основі WebRTC дозволяє: користуватися ВКЗ без ліцензій сторонніх платформ; організувати шифровані peer-to-peer сесії; інтегрувати конференції безпосередньо в корпоративні додатки;

зменшити затримки та збільшити якість передачі; знизити навантаження на сервери через використання технології WebRTC-SFU; забезпечити масштабованість без пропорційного росту витрат. Вхідні дані зафіксовано в таблиці 7.1.

Розрахунок економічного ефекту демонструє наступне: економія на сторонніх ліцензіях ВКЗ – 1 230 000 грн, економія на технічних інцидентах – 420 000 грн, економія на енергоспоживанні серверів – 160 000 грн, економія на трудовитратах IT-відділу – 200 000 грн, додаткові витрати (WebRTC-SFU трафік) +180 000 грн (додаємо до витрат), загальна річна економія – 1 830 000 грн/рік,

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

чистий економічний ефект (1-й рік) 30 000 грн, термін окупності (Payback Period)  $\approx 0,98$  року (11–12 місяців), рентабельність інвестицій (ROI) $\approx 101,6\%$ .

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	До впровадження	Після впровадження	Економічний ефект
Кількість активних користувачів ВКЗ	450	450	—
Щорічні витрати на ліцензії сторонніх сервісів	1 350 000 грн	120 000 грн	-1 230 000
Середня кількість технічних інцидентів на рік	40	12	-70%
Вартість усунення одного інциденту	12 000 грн	5 000 грн	-7 000
Енергоспоживання серверів ВКЗ (грн/рік)	420 000	260 000	-160 000
Людино-години ІТ-персоналу на підтримку (рік)	900	400	-500
Вартість 1 людино-години ІТ-фахівця	400 грн	400 грн	—
Вартість хмарного трафіку WebRTC (SFU)	—	180 000 грн	+180 000
Початкові інвестиції у створення WebRTC-клієнта	—	—	1 800 000 грн

Додаткові нефінансові переваги (ключ для привабливості продукту): підвищення кібербезпеки – повний контроль над шифруванням, журналами подій, каналами зв'язку, немає залежності від сторонніх компаній – важливо для державних установ та підприємств Критичної Інфраструктури, інтеграція в корпоративні системи (CRM, ERP, корпоративні портали), підвищена якість зв'язку завдяки WebRTC: NAT-traversal, автоматичний adaptive bitrate, мінімальна затримка, мобільність та універсальність – працює в браузері без інсталяції ПЗ, підтримка власних серверів SFU / MCU – дає змогу масштабувати систему без лінійного росту витрат, стабільність роботи гібридних команд – менше збоїв, менше втрати часу в онлайн-нарадах, можливість монетизації – надання ВКЗ доступу іншим компаніям як платної послуги.

Впровадження власної системи клієнта ВКЗ на базі WebRTC забезпечує економію понад 1,8 млн грн на рік та окупається менш ніж за 12 місяців.

Крім фінансової вигоди, система значно підвищує безпеку, надійність, гнучкість і автономність IT-інфраструктури підприємства, що робить її стратегічно привабливою для широкого впровадження.

## 7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Алгоритм просування проєкту програмної реалізації системи клієнта ВКЗ на основі WebRTC має кілька важливих етапів. Почати варто з дослідження ринку та аналізу конкурентів, що дозволить зрозуміти потреби потенційних клієнтів і створити унікальну пропозицію для різних сегментів. Після цього необхідно створити стратегію комунікацій, яка повинна включати як рекламні кампанії, так і освітні матеріали (вебінари, статті, кейс-стаді).

Налаштування демонстраційних версій продукту або пілотних проєктів дозволить потенційним клієнтам безпосередньо оцінити переваги технології. Протягом цього етапу важливо отримати зворотний зв'язок від користувачів, щоб підлаштувати систему під їхні потреби. Після цього можна запускати масштабовані маркетингові кампанії через цифрові канали, такі як email-

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

розсилки, таргетована реклама, SEO-просування та використання відгуків задоволених клієнтів для формування довіри до продукту.

## 7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Для оптимізації каналів збуту та шляхів реалізації проєкту програмної реалізації системи клієнта ВКЗ на базі WebRTC, варто звернути увагу на створення партнерських альянсів з іншими постачальниками ІТ-рішень, які можуть бути зацікавлені в інтеграції цієї технології в свої сервіси. Також важливо розвивати онлайн-продажі, створюючи на вебсайті окрему платформу для демонстрації технології, з можливістю тестування та безкоштовного використання базових функцій для потенційних клієнтів.

Для залучення більш широкої аудиторії корисно організувати вебінари та онлайн-конференції, де потенційні користувачі зможуть побачити технологію в роботі та поставити запитання безпосередньо розробникам. Крім того, можна реалізувати стратегію фрімія, надаючи клієнтам доступ до базових функцій WebRTC безкоштовно, з можливістю оплатити розширені функції за підпискою.

## 7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту

Ключовими факторами успіху проєкту програмної реалізації клієнта ВКЗ є забезпечення високої якості зв'язку (голосового та відео), що є основою довіри до технології. Іншим важливим фактором є гнучкість та адаптивність системи до специфічних потреб кожного клієнта, оскільки компанії можуть мати різні вимоги до інтеграції та масштабування. Також важливо забезпечити підтримку користувачів на всіх етапах впровадження і експлуатації системи, включаючи навчання персоналу і технічну підтримку. Важливими факторами є також постійне вдосконалення технології з урахуванням нових трендів і змін на ринку, а також підтримка безпеки даних, оскільки для корпоративних клієнтів важливим є захист конфіденційної інформації.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

## 8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

### 8.1 Вступ

Сучасний розвиток технічного та технологічного стану виробництва передбачає постійну автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів. Комп'ютер – невід'ємна складова сучасного життя. За допомогою обчислювальної техніки вирішують складні робочі задачі, ведуться наукові дослідження, створюються архітектурні креслення і твори мистецтва. Сьогодні, напевно, важко уявити компанію, господарська діяльність в якій здійснювалася би без використання комп'ютерної техніки.

Незважаючи на видиму безпеку та розвиток сучасних технологій, при роботі за комп'ютером є ряд чинників, які можуть вплинути на здоров'я людини. Через масовий характер робіт, що виконуються працівниками за допомогою комп'ютера, законодавством України чітко врегульовані норми та вимоги до використання комп'ютерної техніки на підприємстві й охорона праці при роботі за комп'ютером.

Законом України “Про охорону праці” [1] регламентуються загальні положення державної політики в галузі охорони праці, які конкретизуються нормативно-правовими актами про охорону праці, зокрема Вимогами щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 р. № 207, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за №508/31960 [2].

Робота з комп'ютером характеризується значною розумовою напругою і нервово-емоційним навантаженням операторів, високою напруженістю зорової роботи і достатньо великим навантаженням на м'язи рук при роботі з клавіатурою ЕОМ.

					ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

У даному розділі магістерської роботи висвітлюються основні питання охорони праці працівників, робота яких пов'язана з роботою за комп'ютером, планування робочого приміщення, де працюють користувачі ПК; параметри мікроклімату, освітленість робочих місць та виробничих приміщень; шумові завади.

Правильна організація і раціональне устаткування робочого місця можливість ефективно і з якнайменшими витратами праці виконувати свої функції, плідно спілкуватися співробітниками і підлеглими, підтримувати високу працездатність і робочий настрій.

Велике значення має раціональна конструкція і розташовує елементів робочого місця, що важливе для підтримки оптимальної робочої пози людини-оператора, а також необхідно дотримувати правильний режим праці і відпочинку.

Що стосується питання охорони праці людини необхідно вирішувати на всіх стадіях трудового процесу незалежно від виду професійної діяльності.

Забезпечення безпечних і здорових умов праці в значній мірі залежить від правильної оцінки небезпечних, шкідливих виробничих факторів. Однакові по складності зміни в організмі людини можуть бути викликані різними причинами. Це можуть бути фактори виробничого середовища, надмірне фізичне і розумове навантаження, нервово-емоційна напруга, а також різне сполучення цих причин.

Робота працівників пов'язана з роботою за комп'ютером, тому актуальною є розгляд саме умов праці та стану охорони праці працівників які постійно працюють з комп'ютерною технікою.

Завдання даного розділу полягає у тому, щоб розробити якісний програмний продукт необхідно організувати безпеку на робочому місці програміста. Під час проектування безпеки робочому місці з ПК необхідно домагатися високої якості та надійності технічного забезпечення, але й створювати комфортні параметри довкілля для розробників.

## 8.2 Характеристика умов праці програміста

Приміщення в якому проводиться розробка і дослідження програмного продукту за завданням наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Характеристика умов праці

Шкідливі та небезпечні фактори на робочому місці	Джерела утворення небезпек	Примітка (дані наведені для приміщення)
Електрична напруга вище 127В; Шум; Електромагнітні випромінювання; Статична електрика; Іонізація повітря; Пожежна безпека у приміщенні; Неякісне освітлення;	Кондиціонер 6 ПЕОП Принтер Папір Світильники	Розміри приміщення (м) Довжина – 9 Ширина – 6 Висота – 3 Кількість працюючих – 7

Згідно Державними санітарними правилами і нормами ДСанПіН 3.3.2.007-98 [3] може перебувати 7 працівників. Мінімальна площа приміщення на 1 людину повинна складати не менше 6 м<sup>2</sup>. Висновок – за умовами завдання це виконується.

В приміщенні відсутні умови, які можуть створювати підвищену або особливо підвищену небезпеку, тому воно відноситься до класу звичайних приміщень згідно ПУЕ. Джерелом живлення є трифазна мережа напруги 380/220 В з глухо заземленою нейтралі, з частотою 50 Гц згідно За пожежо-вибухонебезпеку приміщення відноситься до класу В. В таблиці 8.2 наведена загальна характеристика приміщення щодо вибухо- пожежонебезпеки та важкістю робіт.

Температура повітря в приміщенні визначається температурою зовнішнього повітря і тепловою енергією, що виділяється всередині приміщення.





Раціональне освітлення приміщення сприяє кращому виконанню виробничого завдання і забезпеченню комфорту при роботі. Для забезпечення нормального освітлення застосовуються природне, однобічне, бічне і штучне освітлення, а також комбіноване, нормуються згідно ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення [4]. Дані по нормах освітлення наведені в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Норми освітлення

Мінімальний розмір об'єкта розрізнювання, мм	Фон	Контрас	Розряд, під розряд зорової роботи	Нормоване значення		
				Природне освітлення КПО,%	Штучне освітлення	
					Е <sub>мін.</sub> лк	Тип ламп
Від 0,3 до 0,5	Світлий	Середній	IIIг	1,5	300	Газоро зрядні

За результатами виміру освітленості величина освітленості від системи загального штучного освітлення знаходиться у межах 320 лк, що відповідає вимогам, які пред'являються до даного приміщення.

Основними джерелами шуму на робочих місцях, обладнаних відео дисплейними терміналами, є принтер, сканер факс і обладнання для кондиціонування повітря, в самих відео дисплейних терміналів – вентилятори систем охолодження і трансформатори.

Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 [3] допустимий еквівалентний рівень шуму для робочого місця програміста складає 50 дБА, Допустимі параметри рівнів звуку та звукового тиску представлені в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Рівні звукового тиску від різних джерел.

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Жорсткий диск	45
Вентилятор	45
Принтер	55
Сканер	50

### 8.3 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

У комплексі заходів, що сприяють удосконаленню організації праці програміста, збереженню здоров'я і підвищенню працездатності, його велике значення має організація робочих місць.

Проводячи аналіз умов праці в розглянутому приміщенні, ми одержали наступні результати:

- обсяг приміщення, що приходить на одному працюючого, відповідає нормативному значенню;
- показники мікроклімату відповідають нормативному значенню;
- акустичні умови роботи в нормі.

Важлива роль в ефективному забезпеченні праці належить моральному мікроклімату. Відносини працівників повинні ґрунтуватися на об'єктивності, доброзичливості, взаємодопомозі, глибокій повазі до кожного члена колективу, турботі про молодих співробітників.

Для забезпечення найбільш ефективного виконання обов'язків, плануючи розпорядок, слід дотримуватися таких принципів:

- для зняття втоми через кожні 1,5-2 год. робити перерви для відпочинку на 5-10 хв.;
- для усунення монотонності виконуваних робіт чергувати характер праці.

За умови неправильної організації праці та відпочинку, втома може нагромаджуватися щоденно й переходити в перевтому або захворювання. У зв'язку з цим режим праці та відпочинку користувачів ПК необхідно будувати з урахуванням працездатності, яка змінюється протягом доби.

Виходячи із наступного можна зробити висновок, що основною причиною втомлюваності та зниження працездатності працівника, який постійно працює за комп'ютером є психофізіологічний фактор, тому основною пропозицією правильна організація робочого місця з урахуванням ергономічних вимог, а також дотримання регламентованого режиму праці та відпочинку.

#### 8.4 Розрахункова частина

Розглянемо приклад розрахунку ризику травмування людей, зайнятих певним видом діяльності (в розрахунку за рік), якщо середньорічна кількість осіб, що займаються цією діяльністю – 600, а за останні 4 років травми одержали 9 осіб. Порівняти обчислений рівень ризику з нормованим (прийнятим на сьогоднішній день) у світовій практиці.

1. Визначаємо середньорічну кількість травмованих осіб, для цього ділимо кількість постраждалих на кількість років, за які сталися ці трагічні події:

$$N = K/T \quad (8.1)$$

де  $K$  – кількість постраждалих;  $T$  – період часу; підставляємо значення і отримуємо:

$$N = 9 / 4 = 2.25 \text{ осіб на рік.}$$

2. Знаходимо величину ризику за формулою

$$R = n / N, \quad (8.2)$$

де  $n$  – кількість подій, які відбулись з небажаними наслідками,  $N$  – загальна кількість подій, що може відбутися.

$$R = 2.25 / 600 = 0,00375 = 3,75 \cdot 10^{-3}.$$

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

Далі порівняємо отриманий результат з величиною прийнятого ризику, який визначений у світовій практиці і дорівнює  $1 \cdot 10^{-6}$ .

Для цього отриманий результат ділимо на прийнятий ризик:

$$П = 0,00375 / 0,000001 = 3750 \text{ разів.}$$

Таким чином, величина ризику становить  $3.75 \cdot 10^{-3}$ , а ризик травмування людей більший за прийнятий у 3750 разів. Крім того, можна розрахувати коефіцієнт частоти виникнення небезпечних ситуацій на 1000 чоловік, а для цього необхідно:

$$K = R \cdot 1000 \quad (8.3)$$

$$K = 0.00375 \cdot 1000 = 3.75.$$

Таким чином, коефіцієнт частоти дорівнює 3,75 людини на 1000 осіб.

### 8.5 Висновки до розділу

У даному розділі магістерської роботи розглянуті умови праці програміста, проведено аналіз санітарно-гігієнічних умов праці працівників, які зайняті роботою з комп'ютерною технікою. Наведено приклад розрахунку ризику травмування людей, зайнятих певним видом діяльності. Можна зробити наступний висновок, що шкідливі та небезпечні виробничі фактори існують практично на будь якому робочому місці. Тільки повна усвідомленість працівника про можливі небезпеки, що можуть підстерігати його на робочому місці та дотримання вимог нормативних актів о питань охорони праці та відповідних рекомендацій фахівців, дозволять значною мірою знизити негативний вплив шкідливих та небезпечних факторів при роботі з комп'ютером на організм людини.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

## 9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти, призначено для системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

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

У випускній кваліфікаційній роботі за другим (магістерським) рівнем вищої освіти наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.
- Досліджена система клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC.

Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

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.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

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 Visual C#. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані. Це 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 SEED.

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.

Проведено маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту, що дозволило визначити ключові фактори успіху даного проєкту.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко О.А. Дослідження та програмна реалізація системи клієнта ВКЗ за допомогою технології WebRTC // Збірник праць молодих науковців ЦНТУ. – Вип. 15. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025.
2. Alasdair McAndrew. A Computational Introduction to Digital Image Processing. Chapman & Hall. 2021. 560 p.
3. Михайло Пічугін, Іван Канкін, Володимир Воротніков Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник / Центр навчальної літератури 346 с. 2019р.
4. Маценко В.Г. Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2009 – 343 с.
5. Інженерна комп'ютерна графіка: підручник / В.В. Проців [та ін.] / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. унт-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 247 с.
6. Проців В.В. Прикладна комп'ютерна графіка [Текст]: Навч. посібник / В.В. Проців, К.А. Зіборов, К.М. Бас, Г.К. Ванжа; М-во освіти і наук, Нац. гірн. унт. – Д.: НГУ, 2016. – 187 с.
7. Kopf, Johannes and Lischinski, Dani. Depixelizing Pixel Art (англ.) // ACM Trans. Graph. – 2011. – Vol. 30, no. 4. – P. 99:1--99:8.
8. Giachetti, Andrea and Asuni, Nicola. Real-Time Artifact-Free Image Upscaling (англ.) // Trans. Img. Proc.. – 2011. – Vol. 20, no. 10. – P. 2760—2768.
9. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security Analysis». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 379–402.
10. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Smirnov, O., Imoize, G.L. «Computational Modeling of Enhanced Spread Spectrum Codes for Asynchronous Wireless Communication». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 403–447

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

11. 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.

12. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.

13. 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.

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

15. 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.

16. 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.

17. Smirnov, O., Neskorodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3187, 2022,

18. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheroz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». *Sensors (Basel, Switzerland)* Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

19. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w>

20. Smirnov O., Kuznetsov A., Zhora V., Onikiychuk A., Pieshkova O. «Hiding Messages in Audio Files Using Direct Spread Spectrum». 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, Cracow, Poland, 22-25 September 2021. P. 414-418.

21. Smirnov O., Kuznetsov A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S., Lebid O. «Using Orthogonal Signals to Hide Information in Images». 4 IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) – 2021, Lviv, Ukraine, September 21-25, 2021. P. 255-260.

22. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.

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

24. 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.

25. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New technique for data hiding in cover images using adaptively generated pseudorandom sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2654, 2020, Pages 1-14.

26. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudo-random sequence generation for spread spectrum image steganography». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable

Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 161-165.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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.

31. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Gorbacheva, L., Babenko, V., «Hiding data in images using a pseudo-random sequence», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 646-660.

32. Zhurakovskiy, B., Tsopa, N., Batrak, Y., Odarchenko, R., Smirnova, T «Comparative analysis of modern formats of lossy audio compression». Workshop Proceedings, 2020, 2654, стр. 315-327.

33. 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.

					<b>БКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

34. 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.

35. 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.

36. 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.

37. 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.

38. 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.

39. 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.

40. 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.

41. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New Technique for Hiding Data in Cover Images Using Adaptively Generated Pseudorandom Sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2732, 2020, Pages 214-227.

42. Т.В. Смірнова, О.М. Дреєв, О.А. Смірнов «Хмарна інформаційна система оцінювання шорсткості з використанням дискретного частотного аналізу макروفотografій». IV міжнародна науково-практична конференція «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології», м. Кропивницький. 15-16 квітня 2021р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 30.

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. 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.

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

46. О. Смірнов, Є. Деменко, О. Онікійчук, А. Арищенко, Л. Горбачова, «Формування псевдовипадкових послідовностей для приховування даних в зображеннях» Комп'ютерні науки та кібербезпека. № 4. С. 30-37. 2019.

47. 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.

48. 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

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

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).

49. 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

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

51. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Дреєв О.М. Мережні інформаційні технології. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 159 с.

52. 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.

53. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Доренський О.П., Дреєв О.М., Вялкова В.І. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 233 с.

					<b>ВКРМ-123.25.0031.00.00.ПЗ</b>	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		<b>100</b>