

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації»

Виконав: студент 2-го курсу,
групи ТКС-20м
спеціальності 172 – Телекомунікації та
радіотехніка.

_____ Куцолабський В.П.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТКСТБ

_____ Васильківський М.В.

«___» _____ 2021 р.

Опонент: д.т.н., професор каф. РТ

_____ Семенов А.О.

«___» _____ 2021 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ТКСТБ

_____ д.т.н., проф. Кичак В.М.

«___» _____ 2021 р.

Вінницький національний технічний університет
 Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
 Кафедра телекомунікаційних систем та телебачення
 Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
 Галузь знань - 17 – Електроніка та телекомунікації
 (шифр і назва)
 Спеціальність - 172 – Телекомунікації та радіотехніка
 (шифр і назва)
 Освітньо-професійна програма - Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри ТКСТБ
 д.т.н., професор В.М. Кичак
 “ ___ ” _____ 2021 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Куцолабському Віталію Павловичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації

керівник роботи Васильківський Микола Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” 09 2021 року № 277

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи технологія організації ТКС для оповіщення про НС – TETRA; діапазон зміни ємності операторських служб - 10-24 Ерл; діапазон зміни ймовірності направлення екстрених викликів на обслуговування в інтерактивне голосове меню останнього в ланцюжку ЦОВ – 0,004093-0,181313; діапазон зміни середньої за системою ймовірності направлення екстрених викликів на обслуговування в IVR одного з ЦОВ системи – 0,000803-0,121270; діапазон зміни інформаційного трафіку при надзвичайній ситуації - 50-80 Ерл; діапазон зміни кількості ЦОМ в телекомунікаційній мережі – 20-40; діапазон зміни коефіцієнту потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень – 1,81-11,55; діапазон зміни допустимої інтенсивності навантаження на ТКС при НС – 18,12-123,54 Ерл; діапазон зміни необхідної кількості робочих місць операторів в ЦОВ при виникненні НС в одному районі – 14-78; діапазон зміни необхідної кількості робочих місць операторів в ЦОВ при виникненні НС в двох районах – 19-60; діапазон зміни кількості каналів передавання у напрямку БПЛА – 13-31.

4. Зміст текстової частини: розробка технічного завдання, аналіз особливостей побудови і визначення підходів до підвищення пропускної здатності систем обслуговування екстрених викликів, розробка математичних моделей функціонування системи обслуговування екстрених викликів, дослідження підходів до ефективного використання ресурсів, економічна частина, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

функціональна модель системи екстрених служб; узагальнена функціональна модель розподілу трафіку в системі екстрених служб; структура функціонування системи екстрених служб; структура функціонування системи зв'язку з БПЛА; структура функціонування радіо-інтерфейсу базової станції мережі TETRA; структура функціонування ЦОВ оперативного реагування.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Васильківський М.В., доцент кафедри ТКСТБ		
Економіка			
Охорона праці			

7. Дата видачі завдання 01 вересня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання	10.09.2021р.	
2.	Аналіз особливостей побудови і визначення підходів до підвищення пропускну здатності систем обслуговування екстрених викликів	17.09.2021р.	
3.	Розробка математичних моделей функціонування системи обслуговування екстрених викликів	01.10.2021р.	
4.	Дослідження підходів до ефективного використання ресурсів	29.10.2021р.	
5.	Аналіз економічної ефективності розробки	30.11.2021р.	
6.	Охорона праці та безпека життєдіяльності	06.12.2021р.	
7.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	13.12.2021р.	
8.	Нормоконтроль МКР	14.12.2021р.	
9.	Попередній захист МКР, опонування МКР	17.12.2021р.	
10.	Захист МКР ЕК	20.12.2021р.	

Студент

(підпис)

Куцолабський В.П.

Керівник роботи

(підпис)

Васильківський М.В

АНОТАЦІЯ

УДК 621.396

Куцолабський Віталій Павлович Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації. Магістерська кваліфікаційна робота.– Вінниця: ВНТУ, 2021. – 165с.

На українській мові. Бібліогр.: 54 Рис.:31; Табл.: 38

Важливим елементом «Системи 112» є центр обслуговування (обробки) екстрених викликів (ЦОВ). Виникнення НС призводить до різкого підвищення трафіку реального часу в зоні надзвичайної ситуації. Використання методу RDA для дослідження системи екстрених служб пов'язано з необхідністю враховувати особливості методів керування надлишковим трафіком, рекомендованих МСЕ-Т для телекомунікаційних мереж, а саме таких методів як: пропуск маршруту Skip Route Control (SKIP); надлишкове перенаправлення викликів Overflow Reroute (ORR); регулювання трафіку в розподільнику надлишкового навантаження Reroute Control.

Формалізований опис функціонування радіоінтерфейсу системи професійної радіотелефонного зв'язку в напівдуплексному, дуплексному і мультимедійних режимах виконано з використанням теорії телетрафіка і, зокрема, підходу, розробленого для опису систем з груповим надходженням заявок на обслуговування.

Досліджено функціонування системи взаємодопомоги з урахуванням впливу оперативного резерву, що виділяється в ЦОВ різних зон обслуговування з метою підтримки високої якості обслуговування у конкретній зоні.

Ключові слова: надзвичайні ситуації, радіоінтерфейс, надлишковий трафік, екстрені виклики.

ABSTRACT

UDC 621.396

Kutsolabsky Vitaliy Pavlovych Increasing the capacity of the emergency notification system. Master's qualification work.– Vinnytsia: VNTU, 2021. - 165p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : 54 titles; Fig.: 31; Table: 38

An important element of the 112 System is the Emergency Call Service (Processing Center). Emergencies lead to a sharp increase in real-time traffic in the emergency zone. The use of the RDA method to study the emergency services system is related to the need to take into account the specifics of redundancy management methods recommended by ITU-T for telecommunications networks, such as: skip Route Control (SKIP); overflow call forwarding (ORR); regulation of traffic in the overload distributor Reroute Control.

Formalized description of the radio interface of the professional radiotelephone system in half-duplex, duplex and multimedia modes is performed using the theory of teletraffic and, in particular, the approach developed to describe systems with group receipt of service requests.

The functioning of the mutual assistance system has been studied, taking into account the impact of the operational reserve allocated to the CEB of different service areas in order to maintain high quality service in a particular area.

Keywords: emergencies, radio interface, redundant traffic, emergency calls.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕКСТРЕНИХ ВИКЛИКІВ.....	16
1.1 Аналіз принципів організації і розвитку систем обслуговування екстрених викликів в Україні.....	16
1.2 Аналіз особливостей зміни трафіку екстрених викликів в надзвичайних ситуаціях.....	18
1.3 Систематизація методів керування потоками екстрених викликів стосовно режиму надзвичайної ситуації.....	20
1.4 Аналіз можливостей використання професійного радіотелефонного зв'язку в режимі НС.....	25
1.5 Вибір методів теорії масового обслуговування, перспективних для опису функціонування систем обслуговування екстрених викликів.....	29
1.5.1 Можливості порівняльного аналізу систем зв'язку методами теорії масового обслуговування.....	29
1.5.2 Перспективність використання методу RDA, що дозволяє врахувати вплив перевантажень.....	32
1.5.3 Використання математичної моделі з груповим надходженням заявок на обслуговування для дослідження функціонування систем професійної радіотелефонного зв'язку.....	33
1.5.4 Можливості статистичного моделювання системи взаємодопомоги екстрених служб.....	34
1.6 Постановка завдання дослідження.....	35
1.7 Висновки до розділу 1.....	36
2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕКСТРЕНИХ ВИКЛИКІВ.....	38
2.1 Використання методу RDA для опису обслуговування надлишкового трафіку.....	38

	7
2.2 Розробка математичної моделі функціонування системи екстрених служб	41
2.2.1 Подання системи екстрених служб у вигляді сукупності систем масового обслуговування.....	41
2.2.2 Математична модель функціонування центру обслуговування екстрених викликів, що враховує наявність оперативного резерву.....	46
2.3 Варіант оцінки додаткового ресурсу каналів БПЛА у системі TETRA	52
2.4 Розробка математичної моделі функціонування цифрових систем професійного радіотелефонного зв'язку	54
2.5 Висновки до розділу 2	63
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕКСТРЕНИХ ВИКЛИКІВ.....	65
3.1 Дослідження можливостей оперативного керування трафіком у системі екстрених служб	65
3.2 Оцінка потенційної стійкості системи екстрених служб до перевантажень з урахуванням можливості виключення ЦЗВ з ланцюжка маршрутизації	72
3.3 Порівняльний аналіз та дослідження перспективних варіантів організації обслуговування викликів у системі екстрених служб.....	75
3.3.1 Дослідження варіанта об'єднання ресурсів кількох центрів обслуговування екстрених викликів	75
3.3.2 Аналіз особливостей використання додаткового ресурсу центру оперативного реагування для обслуговування екстрених викликів у НС	80
3.4 Дослідження впливу оперативного резерву в ОДРС на пропускну спроможність системи екстрених викликів.....	87
3.5 Дослідження варіанта організації взаємодопомоги шляхом об'єднання можливостей центрів обслуговування екстрених викликів у єдиний ресурс.	90
3.6 Аналіз результатів аналітичних розрахунків та оцінки якості обслуговування викликів у підсистемі професійного радіотелефонного зв'язку	92
3.6.1 Оцінки якості обслуговування дзвінків у радіоінтерфейсі системи TETRA	92

3.6.2	Оцінка можливості використання БПЛА як засіб підвищення пропускної спроможності системи TETRA	97
3.6.3	Оцінки показників якості обслуговування викликів у базовій станції стандарту TETRA з урахуванням впливу мультимедійного трафіку	100
3.7	Висновки до розділу 3	103
4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	105
4.1	Оцінювання наукового ефекту	105
4.2	Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	108
4.2.1	Витрати на оплату праці.....	108
4.2.2	Відрахування на соціальні заходи	111
4.2.3	Сировина та матеріали.....	112
4.2.4	Розрахунок витрат на комплектуючі.....	113
4.2.5	Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт	114
4.2.6	Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт ...	115
4.2.7	Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень	116
4.2.8	Паливо та енергія для науково-виробничих цілей	117
4.2.9	Службові відрядження.....	118
4.2.10	Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації.....	119
4.2.11	Інші витрати.....	119
4.2.12	Накладні (загальновиробничі) витрати.....	120
4.3	Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи	121
4.4	Висновок до розділу 4	122
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	123
5.1	Технічні рішення з безпечного виконання робіт.	123
5.1.1	Технічні рішення з організації робочого місця під час проектування.	123
5.1.2	Електробезпека виробничого приміщення.....	124
5.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	126
5.2.1	Мікроклімат	126
5.2.2	Склад повітря робочої зони.....	127

5.2.3 Виробниче освітлення	128
5.2.4 Виробничий шум.....	129
5.2.5 Електромагнітні випромінювання.....	129
5.2.6 Психофізіологічні фактори	130
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій\.....	131
5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії іонізуючих випромінювань	132
5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії електромагнітного імпульсу	133
5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії загрозливих чинників НС	135
ВИСНОВКИ.....	137
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	138
Додаток А (Технічне завдання)	144
Додаток Б (Функціональна модель екстрених служб)	153
Додаток В (Узагальнена функціональна модель розподілу трафіку в системі екстрених служб).....	155
Додаток Г(Структура функціонування системи екстрених служб).....	157
Додаток Д (Структура функціонування систем зв'язку з БПЛА)	159
Додаток Е(Структура функціонування радіо-інтерфейсу базової станції мережі TETRA).....	161
Додаток Є (Структура функціонування ЦОВ оперативного реагування)	163

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БПЛА - безпілотний літальний апарат;

БС – базова станція

ДДС – чергово-диспетчерські служби;

ЄДДС – єдині чергово–диспетчерські служби;

ЕС – Європейський Союз;

МСЕ-Т–сектор стандартизації електрозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку;

МТУСІ - Московський технічний університет зв'язку та інформатики

ОР – оперативний резерв;

СМО – система масового обслуговування;

ЦОВ – центр обслуговування дзвінків;

ЦОВ ОР – центр обслуговування викликів оперативного резерву;

ЦОВ-НС – центр обслуговування викликів, який зазнає надзвичайних ситуацій;

НС – надзвичайна ситуація;

GSM – (Global System for Mobile Communications) Глобальна система мобільного зв'язку;

IVR – (англ. Interactive Voice Response) інтерактивне голосове меню;

LTE – (Long Term Evolution) стандарт зв'язку четвертого покоління вважається перспективним напрямом розвитку мереж;

ORR - (Overflow Reroute) Метод керування трафіком;

CRO - (Cancel Reroute Overflow) скасування надлишкового перенаправлення трафіку;

SKIP – (Skip Route Control) Метод керування пропуском маршруту;

SILC - (Selective incoming load control) Метод виборчого керування вхідним навантаженням;

TETRA- (TErrestrial Trunked RAdio) - відкритий стандарт цифрового транкінгового радіозв'язку

ВСТУП

Актуальність теми. Важливим елементом «Системи 112» є центр обслуговування (обробки) екстрених викликів (ЦОВ). Багатофункціональний комплекс обладнання ЦОВ повинен забезпечувати прийом і обробку вхідних звернень від населення силами операторів «Системи 112», розподіл заявок на реагування між екстреними службами. Інтеграція ресурсів екстрених служб в рамках «Системи 112» для попередньої обробки викликів операторами «Системи 112» дозволяє передавати в автоматизованому режимі дані екстреного виклику операторам таких служб як пожежна, швидка допомога, поліція, газова служба, «Антитерор». Безпосередньо в ЦОВ «Системи 112» можуть формуватися групи операторів для виконання спеціальних завдань. Передбачається, що розгортання «Системи 112» буде сприяти підвищенню оперативності взаємодії між екстреними службами, зменшувати час реагування на надзвичайні ситуації (НС).

Перспективне використання в «Системі 112» коштів професійної радіотелефонного зв'язку та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для координації аварійно-рятувальних робіт, як при виникненні НС, так і при ліквідації її наслідків (доступ до мобільного зв'язку може бути обмежений через загрозу терактів) .

Як показує світовий досвід, виникнення НС призводить до різкого підвищення трафіку реального часу в зоні надзвичайної ситуації. Інтенсивність потоку екстрених викликів може бути перевищена в кілька разів відносно спокійного періоду. Відомий підхід щодо обмеження трафіку в зоні НС з метою захисту від перевантажень на окремих ділянках «Системи 112» і, зокрема, в центрах обслуговування викликів єдиних чергово-диспетчерських служб (ЕДДС). Негативна сторона такого підходу полягає в можливості втрати контролю над розвитком ситуації.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі досліджено інший підхід, а саме - пропонується об'єднувати в систему екстрених служб ресурси декількох центрів обслуговування викликів ЦОВ для обслуговування трафіку екстрених викликів. Така система взаємодопомоги повинна забезпечувати можливість

переадресування надлишкового трафіку від центру обслуговування викликів із зони НС (далі позначаємо його як ЦОВ - НС) в ЦОВ екстрених служб, які не порушені надзвичайною ситуацією. Передбачається, що відмова в обслуговуванні виклику (напрямок виклику на інтерактивні голосові меню Interactive voice menu, IVR) настає, якщо в момент надходження екстреного виклику в системі будуть відсутні вільні і доступні оператори. Зменшення частки викликів, які направляються на IVR, буде сприяти зниженню рівня паніки.

Таким чином, перехід від традиційного варіанту організації незалежних екстрених служб до єдиної інформаційної територіально-розподіленої «Системи 112» відкриває нові напрямки досліджень. Актуальність дослідження підтверджується необхідністю своєчасного реагування екстрених служб на звернення громадян, тенденцією швидкого зростання трафіку екстрених викликів при виникненні НС, потребою ефективного використання технічних ресурсів «Системи 112».

Аналіз останніх досліджень. Теорія і основні принципи обслуговування трафіку в мережах і системах зв'язку досліджені в працях С. Н. Степанова [7, 8], А. П. Пшеничникова [6], А. Е. Кучерявого [3], К.Е.Самуйлова [5], Г. П. Башарина [13], Б. В. Гнеденко, І. Н. Коваленко [16], Л.Клейнрока [15], Т.Л. Саати [17] та інших авторів.

У роботах А. П. Пшеничникова [14] і М. А. Шнепса - Шнепп [9] описаний метод теорії телетрафіка RDA, що дозволяє проводити оцінку пропускну здатності альтернативних напрямків зв'язку для обслуговування надмірного трафіку. Використання методу RDA для дослідження системи екстрених служб пов'язано з необхідністю враховувати особливості методів керування надлишковим трафіком, рекомендованих МСЕ-Т для телекомунікаційних мереж, а саме таких методів як: пропуск маршруту Skip Route Control (SKIP); надлишкове перенаправлення викликів Overflow Reroute (ORR); регулювання трафіку в розподільнику надлишкового навантаження Reroute Control.

У роботах С. Н. Степанова [1], О.А.Новікова, С.І.Петухова [5] досліджено групове надходження вимог на обслуговування.

Перспективність використання цього підходу пов'язана з особливостями роботи цифрових систем професіонального радіотелефонного зв'язку, а саме з використанням рятувальниками режимів напівдуплексного, дуплексного і мультимедійного зв'язку.

У роботах А. К. Левакова і Н.А.Соколова [1, 2, 3, 4] показані можливості обмеження зростання трафіку в режимі НС, в тому числі - за рахунок обмеження доступу користувачів до системи екстрених служб. Можливості об'єднання ресурсів ЦОВ в систему екстрених служб не досліджувалися.

В роботі С.Н. Степанова [7] використаний підхід за поданням радіо-інтерфейсу базової станції мобільного зв'язку у вигляді системи рівнянь, що враховує наявність ресурсу каналів для реалізації функції (handover), тобто «Естафетної передачі» користувачів від однієї базової станції до іншої. Однак, проблематика формування оперативного резерву в операторських підсистемах не вивчена. Актуальність її дослідження пов'язана з потребою збереження досить високого рівня обслуговування екстрених викликів в тих зонах, які порушені НС, але ресурси і обладнання яких задіяні в організації системи взаємодопомоги.

Використання БПЛА в поєднанні з можливостями мобільного та фіксованого зв'язку досліджено в роботах Р. В. Киричека [8, 9], А. Е. Кучерявого [10], Altshuler, Y [11]. Проблематика використання БПЛА в якості додаткового ресурсу системи цифрової професійної радіотелефонного зв'язку не розглядалася.

Таким чином, проблема підвищення пропускної спроможності системи екстрених служб за рахунок спрямування надлишкових викликів в зони, не порушені НС, представляє інтерес з позиції оцінки різноспрямованого впливу різних чинників на якість обслуговування. Підходи до реалізації «Системи 112» в Україні, до об'єднання ресурсів ЦОВ в систему екстрених служб представляють практичний інтерес для країн, що розвиваються і, в тому числі, для Республіки Ємен.

Мета роботи і завдання дослідження.

Мета: дослідження і розробка методу підвищення пропускної спроможності системи екстрених служб при виникненні надзвичайної ситуації,

що враховує особливості організації взаємодопомоги і можливість виділення оперативного резерву в центрах обслуговування викликів.

Об'єкт дослідження: система екстрених служб, що об'єднує операторські ресурси центрів обслуговування викликів для забезпечення практично безвідмовного обслуговування викликів із зони НС.

Предмет дослідження: математичні моделі, що формалізують процеси функціонування системи екстрених служб в умовах виникнення НС, а також математичні моделі, що формалізують використання систем цифрового транкінгового зв'язку із залученням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як додаткового ресурсу зв'язку в «Системі 112» при ліквідації наслідків НС

Методи дослідження.

Основна частина магістерської кваліфікаційної роботи виконана із залученням методів теорії телетрафіка, теорії ймовірностей і математичної статистики.

При проведенні аналітичних розрахунків і моделюванні роботи системи екстрених служб використаний мову програмування C # середовища Visual Studio 2017.

Коректність застосування математичного апарату теорії телетрафіка, а також результати комп'ютерного моделювання, підтверджують обґрунтованість наукових положень і результатів досліджень, рекомендацій і висновків, зроблених в магістерській кваліфікаційній роботі.

Наукова новизна роботи.

1. Розробка моделі функціонування системи екстрених служб і проведені на її основі дослідження з залученням методів теорії телетрафіка і комп'ютерного програмування, вперше дозволили врахувати характер впливу сукупності факторів на пропускну здатність системи в режимі надзвичайної ситуації. Виконано порівняння методів керування і розподілу надлишкового трафіку, розроблено рекомендації щодо використання в системі екстрених служб. Отримано оцінку впливу оперативного резерву в ЦОВ на якість обслуговування екстрених викликів із зони НС і в конкретних зонах відповідальності. Отримано

оцінку потенційної стійкості системи екстрених служб до перевантажень з урахуванням можливості виключення ЦОВ з ланцюжка маршрутизації.

2. Отримано оцінки використання БПЛА, вперше розглянутого в якості додаткового ресурсу для розширення можливостей системи професійного радіотелефонного зв'язку в зоні ліквідації наслідків НС.

3. Розроблений метод підвищення пропускної здатності екстрених служб вперше дозволяє при виборі структури системи і оцінці необхідних технічних ресурсів враховувати вимоги потенційної стійкості ЦОВ в зоні НС до перевантажень, а також особливості передачі надлишкового трафіку в зони, не порушені НС.

Теоретична та практична значущість роботи.

Теоретична значущість роботи полягає в аналітичному описі функціонування системи екстрених служб, представленої відповідно до методу декомпозиції як сукупності систем масового обслуговування.

Запропонований аналітичний опис лягло основою комп'ютерного моделювання. Точність та достовірність моделювання оцінювалися за критерієм Стьюдента.

Практична значимість роботи полягає в наступному:

- розроблено рекомендації щодо використання в системі екстрених служб комбінації методів управління трафіком;

- розроблено методику об'єднання в систему екстрених служб ресурсів центрів обслуговування екстрених викликів, що дозволяє оцінити коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ-НС до перевантажень з урахуванням ємності та кількості центрів обслуговування екстрених викликів, що входять до системи взаємодопомоги;

- розроблено рекомендації щодо використання БПЛА спільно з обладнанням TETRA для організації ефективної взаємодії рятувальних служб при ліквідації наслідків НС.

Апробація роботи та її основні результати роботи проводилися на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем» (СПРН-2021) у 2021 році.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОБУДОВИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕКСТРЕНИХ ВИКЛИКІВ

1.1 Аналіз принципів організації і розвитку систем обслуговування екстрених викликів в Україні

Загальні тенденції конвергенції, інтеграції та консолідації ресурсів мобільного та фіксованого зв'язку повинні враховуватися при організації сучасних служб екстреного зв'язку [3, 5, 8, 12].

Конвергенція виражається в прагненні об'єднати ресурси телекомунікацій та інформатизації для надання якісно нових послуг користувачам. Основні вимоги до організації єдиної екстреної спеціальної служби, що отримала назву «Система 112» або «Служба 112», вперше були визначені рішенням Європейського Союзу (ЄС) від 29 липня 1991 року. Урядом України випущені кілька наказів і розпоряджень, що стосуються введення «Системи 112» в Україні і окремих її регіонах [5, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20]. Принципи організації «Системи 112» розглянуті в Додатку 1.

У зв'язку з епідемією коронавірусу 2020 року з'явилася тенденція організації на базі «Системи 112» волонтерських служб. Досвід розгортання «Системи 112» в ЄС і в Україні становить практичний інтерес для країн, що розвиваються і, зокрема, для Республіки Ємен.

Інтеграція ресурсів екстрених служб в рамках «Системи 112» означає можливість передавати в автоматизованому режимі дані екстреного виклику після попередньої його обробки операторами ЕДДС в чергово-диспетчерській служби (ДДС). Для ефективного обслуговування населення реалізується базовий принцип роботи «Системи 112» - «одне вікно» для прийому звернень [2, 4, 10, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 20]. Процес консолідації може бути проілюстрований можливістю залучення і використання в режимі надзвичайної ситуації (НС) ресурсів телекомунікації, що належать різним регіональним операторам зв'язку.

Функціонально «Система 112» складається з багатьох підсистем, короткий опис яких наведено в Додатку 1.

Відповідно до ГОСТ 22.7.01-99 керування єдиною системою для ліквідації НС включає в себе муніципальні і єдині чергово-диспетчерські служби ЕДДС і служби ДДС. Орган керування місцевої (наприклад - міський) підсистемою державної системи і ліквідації ситуацій ЕДДС призначений для координації ДДС одного або декількох утворень регіону. Перелічимо основні завдання ЕДДС [12, 17, 18, 20]:

організація комплексу заходів, що забезпечують скорочення часу реагування і поліпшення взаємодії між екстреними, оперативними та дежурно-диспетчерськими службами;

організація зручного звернення до екстрених оперативним службам за технологією «одного вікна»;

зменшення можливого соціально-економічного збитку внаслідок подій та надзвичайних ситуацій (див. рисунок 1.1.).

Категорії служби ЕДДС визначаються з урахуванням їх основою структури, що розробляється за методичними рекомендаціями Міністерства України у справах цивільної оборони, надзвичайних ситуацій і ліквідації послідовності лих (МНС України) і з урахуванням класифікації територій [13, 14, 15, 17, 19].

«Система 112» регіону створюється як територіально-розподілена система, що реалізується на базі ЕДДС муніципальних утворень, і включає в себе два рівні ієрархії: рівень адміністративного центру регіону; рівень муніципального освіти.

До складу ЕДДС входить підсистема прийому і обробки викликів, що представляє собою підсистему керування, важливим елементом якої є центр обслуговування (обробки) екстрених викликів (ЦОВ) [6, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] . Багатофункціональний комплекс обладнання ЦОВ повинен забезпечувати прийом і обробку вхідних звернень в систему, розподіл заявок на реагування між службами «Системи 112» та іншими ДДС, до складу яких також можуть входити центри обслуговування викликів або групи операторів серійного включення.

Для успішного функціонування «Системи 112» потрібно інтегрувати ЦОВ з іншими інформаційними системами, забезпечуючи обслуговування абонентів різних варіантів доступу (мобільний, стаціонарний і доступ через Інтернет) [6, 7, 10, 17, 19]. Таким чином, перехід від традиційного варіанту організації незалежних екстрених служб до об'єднання ресурсів в єдиній «Системі 112» відкриває нові напрямки досліджень, що дозволяють врахувати останні мережеві і системні аспекти розвитку екстрених служб. Передбачається, що розгортання «Системи 112» буде сприяти підвищенню оперативності взаємодії між службами і скорочувати час реагування на надзвичайні події.

При організації «Системи 112» потрібно враховувати мінливі вимоги, що стосуються якості роботи системи і обслуговування населення, а також додаткові можливості з розвитку системи з урахуванням впровадження нових технологій, методів керування потоками трафіку і устаткування з розширеним функціоналом [8, 10, 11, 12, 14, 16, 17, 19, 20]. Організація і розвиток «Системи 112» вимагає додаткового аналізу і досліджень з точки зору забезпечення сталого функціонування в різних умовах роботи, в тому числі - при надзвичайних ситуаціях.

1.2 Аналіз особливостей зміни трафіку екстрених викликів в надзвичайних ситуаціях

Як показує світовий досвід, виникнення надзвичайної ситуації призводить до різкого підвищення трафіку екстрених викликів [4]. ЦОВ-НС в зоні надзвичайної ситуації, швидше за все, не зможе підтримувати високі показники якості обслуговування.

Як показано на рисунку 1.1. під час НС, а також під час ліквідації наслідків НС, різко зростає трафік реального часу (наприклад, телефонний зв'язок). Причому частина звернень дублюють один одного. Найбільш критичним є початковий період НС. Швидке реагування важливо для порятунку постраждалих [5, 11].

Центри обслуговування (обробки) викликів «Системи 112» повинні фіксувати появу НС і, як наслідок, - переводити системи реагування в режим НС. Відповідно до базових положень теорії катастроф складно прогнозувати виникнення НС на основі даних традиційних систем попередження. Однак слід передбачити використання конкретних алгоритмів виявлення НС та перекладу обладнання в цей режим [4, 5, 6].

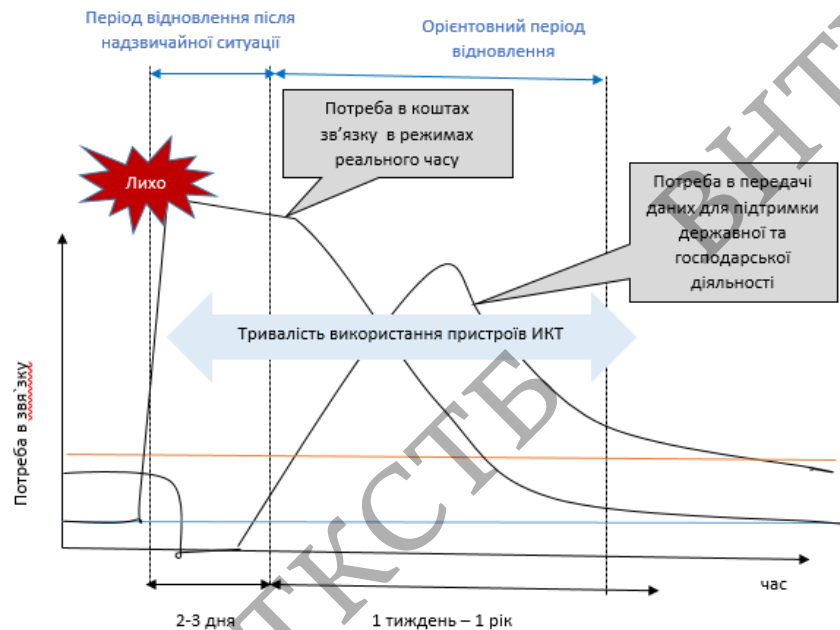


Рисунок 1.1 – Зміна потреби в зв'язку в режимі НС

Можлива така послідовність переходу в режим НС [11].

1. Встановлюється значення $C_{\text{порог}}$ - порогове число викликів, що надійшли за певний інтервал часу t .

Наприклад, можна припускати, що t дорівнює часу одного заняття, тобто часу, протягом якого обслуговується один виклик.

2. У кожному інтервалі часу t ведеться облік числа викликів, що поступають $C(t)$.

3. Виконується порівняння $C(t)$ і порогового значення $C_{\text{порог}}$. Якщо число викликів, що поступають в інтервалі часу (t виявилось більше, ніж порогове значення, то може прийматися рішення про перехід в режим НС.

Також перехід в режим НС може виконуватися заздалегідь, якщо відомі дані про несприятливі метеопрогнозах або надійшли повідомлення про можливі терористичні акти [5, 6].

Проблема неконтрольованого зростання обсягів трафіку екстрених викликів розглядається в ряді робіт [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 18]. Так, пропонуються різні підходи щодо обмеження трафіку, що виникає в зоні НС з метою захисту від перевантаження окремих ділянок «Системи 112» і, зокрема, в центрах обслуговування викликів ЕДДС і ДДС [6, 7, 9]. Негативною стороною такого підходу може стати втрата контролю над розвитком ситуації.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі передбачається дослідити принципово інший підхід, а саме - об'єднувати в режимі НС ресурси декількох ЕДДС (або декількох ДДС) для обслуговування трафіку екстрених викликів. Активована система взаємодопомоги між ЦОВ екстрених служб повинна забезпечувати можливість перенаправлення надлишкового трафіку із зони НС в ЦОВ екстрених служб, які не порушені надзвичайною ситуацією.

Визначимо цілі такої маршрутизації:

- оперативний контроль над розвитком ситуації в зоні НС;
- практично безвідмовний обслуговування користувачів шляхом обслуговування звернень громадян про події в зоні НС силами операторів ЦОВ системи взаємодопомоги, що сприятиме зниженню рівня паніки і числа повторних викликів, зменшувати частку викликів, які направляються на інтерактивне голосове меню.

1.3 Систематизація методів керування потоками екстрених викликів стосовно режиму надзвичайної ситуації

У структурі «Системи 112» слід виділити два рівня ієрархії:

- на нижньому рівні повинна бути реалізована скоординована спільна робота екстрених служб в рамках зони обслуговування одного ЕДДС;
- на верхньому рівні можливе об'єднання ресурсів декількох ЕДДС.

Кожен з ЦОВ системи екстреного виклику, можуть обслужити із заданою якістю певний обсяг трафіку (навантаження) [1, 9, 11, 12, 17, 18, 19]. Виникнення НС в зоні обслуговування одного з ЦОВ призводить до його перевантаження. Будемо надалі позначати його як ЦОВ-НС.

Зменшення впливу виникає в ЦОВ-НС перевантаження може досягатися шляхом направлення надлишкового трафіку на напрямки до інших ЦОВ екстрених служб. Таким чином, якщо в момент надходження екстреного виклику всі оператори ЦОВ-НС будуть зайняті, то такий виклик може передаватися на обслуговування операторам іншого ЦОВ екстрених служб, який не відчуває перевантажень в поточний момент часу. Сучасні засоби керування потоками трафіку дозволяють регулювати частку трафіку, що розподіляється між ЦОВ екстрених служб.

Виділимо наступні підходи до реалізації керування потоками викликів, які рекомендовані МСЕ-Т, і можуть бути застосовані при керування потоками екстрених викликів [7, 9, 17, 18].

Припустимо, що на виході ЦОВ-НС використовується метод керування пропуском маршруту (Skip Route Control, SKIP) [11], що дозволяє направляти надлишковий трафік до операторів інших ЦОВ екстрених служб, розподіляючи його між ними пропорційно ємності операторських підсистем або їх завантаженості (див. Рисунок 1.2.).

Позначимо частку надлишкового навантаження, яке б на j -ий ЦОВ екстрених служб від ЦОВ-НС величиною K_j , де j - номер ЦОВ екстрених служб в системі взаємодопомоги. Величина j приймає значення в діапазоні $j = 1 \dots W$, де W - загальна кількість ЦОВ екстрених служб, на які можна направляти надмірне навантаження від ЦОВ-НС. Загальна кількість ЦОВ в системі взаємодопомоги одно W системи = $(W+1)$.

Справедливе співвідношення $\sum_{j=1}^W k_j = 1$.

Відмова в обслуговуванні (в нашому випадку - напрям виклику на систему IVR) настає в тому випадку, якщо будуть відсутні вільні оператори в тому ЦОВ системи екстрених служб, на який направляється надлишковий виклик.

Варіант перерозподілу трафіку екстрених викликів, представлений на рисунку 1.2. виключає пересилання надлишкового трафіку між ЦОВ системи.

Можливий випадок, представлений на рисунку 1.3. коли одночасно відчують перевантаження ЦОВ-НС і один з ЦОВ, який спочатку повинен був використовуватися як один з допоміжних ЦОВ. Може бути активізований метод виборчого керування входною перевантаженням (Selective incoming load control, SILC) для керування входять надлишковим трафіком від ЦОВ-НС. Основним компонентом для початкової активізації керування за цим методом є досягнення рівня перевантаження МС [11].

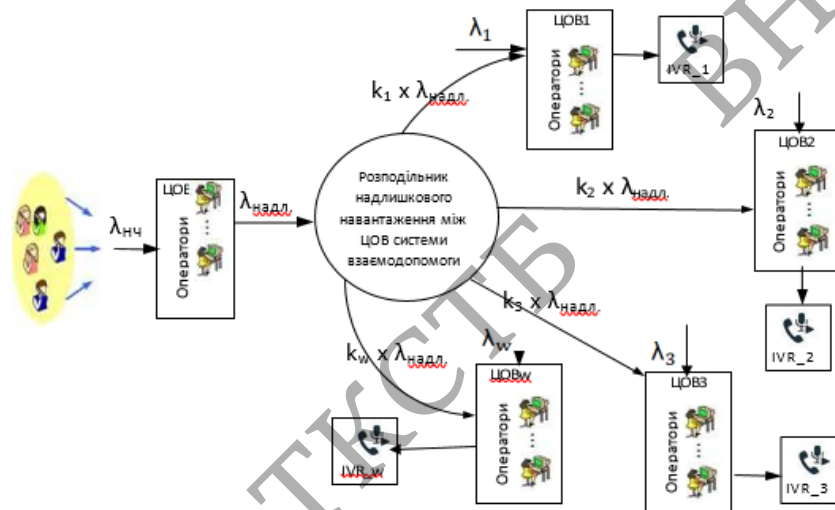


Рисунок 1.2 – Перспективний варіант організації взаємодопомоги

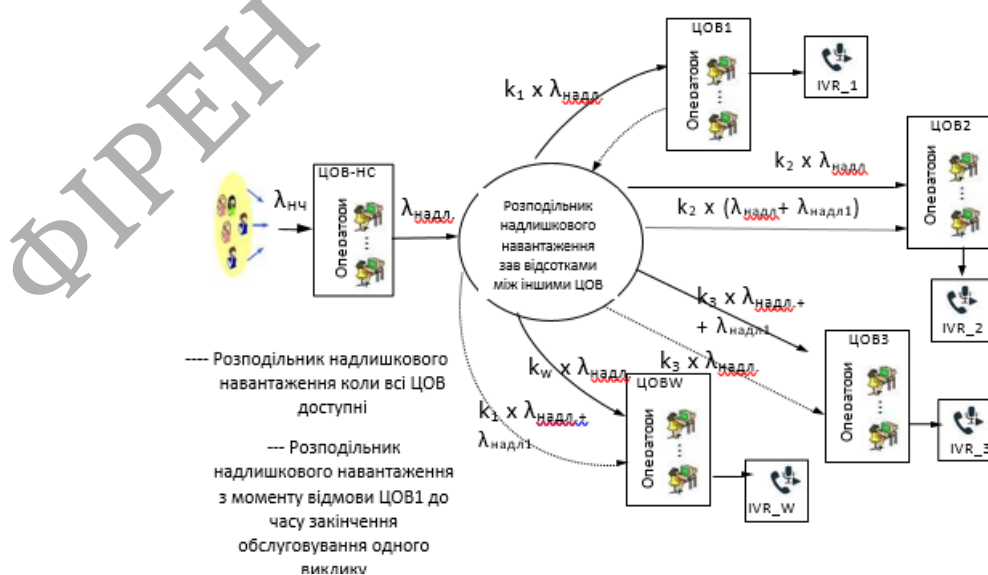


Рисунок 1.3 – Варіант розподілу трафіку екстрених викликів із залученням методу виборчого керування входною перевантаженням (Selective incoming load control, SILC)

При нестачі ресурсів (в даному випадку - це вільні оператори) кошти автоматичного контролю умов перевантаження дозволяють відправляти на розподільник надлишкового навантаження ЦОВ-НС повідомлення про недоступність ресурсів даного ЦОВ. Розподільник навантаження, що отримав інформацію про недоступність конкретного ЦОВ, припиняє надсилати надлишкові виклики до цього ЦОВ. Далі розподільник навантаження включає функцію Reroute Control, яка забезпечує регулювання частки викликів, які направляються до інших ЦОВ [11]. Перерозподіл частки навантаження відбувається поступово.

Визначення величини рівня перевантаження МС при використанні методу керування SILC є складним завданням, при вирішенні якої повинні враховуватися фактори, що різноспрямований вплив на роботу всієї системи. А саме, з одного боку прагнення без відмов обслужити надходять надлишкові для ЦОВ-НС виклики передбачає залучення всього ресурсу операторів допоміжного ЦОВ_j. Але, з іншого боку, не можна допустити погіршення роботи «допоміжного» ЦОВ_j при виконанні завдань, що стоять саме перед цим центром обслуговування викликів.

Як приклад - частина операторів ЦОВ ЕДДС може резервуватися для обслуговування трафіку, традиційно надходить із «своєї» зони обслуговування, утворюючи так званий оперативний резерв (ОР).

Можливий варіант організації перенаправлення викликів на верхньому рівні ієрархії «Системи 112», а саме при наявності зв'язку між ЕДСС по оптичному кільцю з залученням технологій пакетної комутації, представлений на рисунку 1.4., передбачає застосування методу надлишкового перенаправлення Overflow Reroute (ORR). Принцип його роботи полягає в тому, що при переході будь-якого ЦОВ екстрених служб в режим блокування (всі оператори зайняті) в цьому ЦОВ активізується метод ORR [11]. В останньому в ланцюжку взаємодопомоги ЦОВ активізується скасування методу надлишкового перенаправлення за допомогою процедури Cancel Reroute Overflow (CRO).

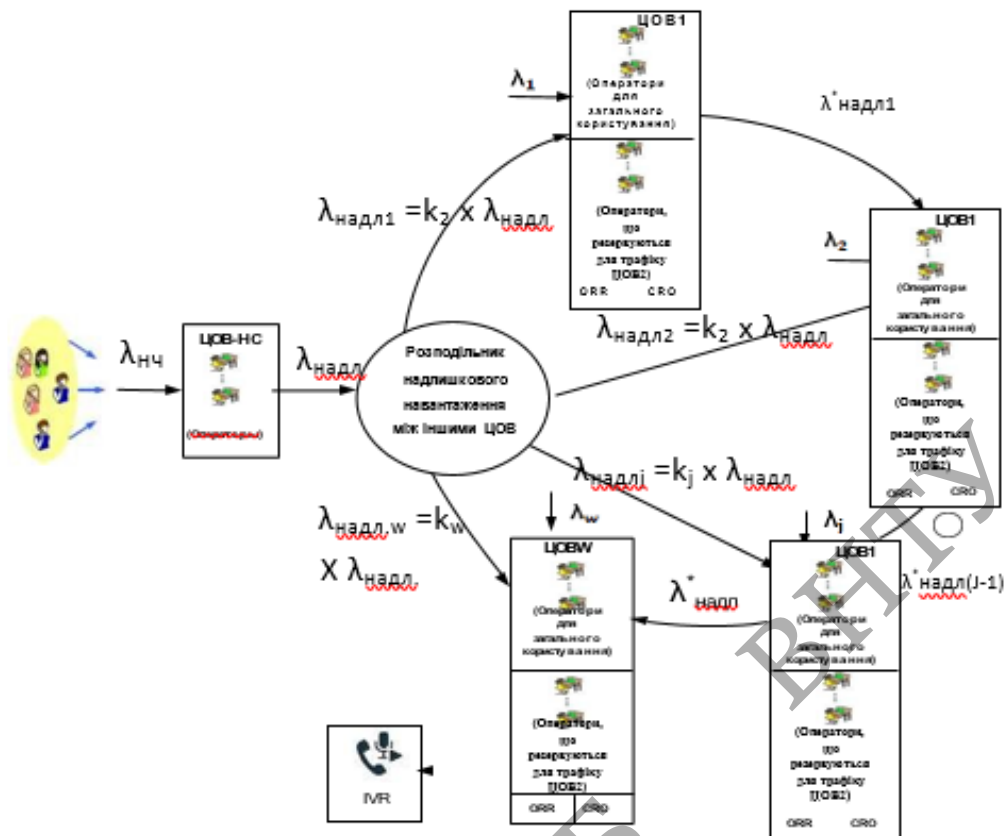


Рисунок 1.4 – Функціональна модель системи екстрених служб, з маршрутизацією надлишкових викликів і з урахуванням оперативного резерву операторів при виникненні НС

На рисунках 1.2. - 1.4. приймалися такі позначення:

λ_j - інтенсивність навантаження, яка ініціюється користувачами, находящимися в зоні обслуговування даного j -ого ЦОВ;

$\lambda_{\text{надл}}$ - загальна інтенсивність надлишкового навантаження, яке б із зони НС в систему взаємодопомоги;

$W = (L - 1)$ - загальне число ЦОВ, на які може перенаправлятися навантаження від ЦОВ-НС;

L - число центрів обслуговування викликів, включених в систему взаємодопомоги;

$\lambda_{\text{надл},j}^*$ - інтенсивністю надлишкового навантаження від j -ого ЦОВ (перевантаження, технічну відмову) на інший ЦОВ в ланцюжку маршрутизації;

$\lambda_{\text{НС}}$ - інтенсивність навантаження, що надходить на ЦОВ-НС при виникненні НС.

1.4 Аналіз можливостей використання професійного радіотелефонного зв'язку в режимі НС

На рисунку 1.5. показані дані статистики по використанню засобів зв'язку після землетрусу в Японії в березні 2011 року. Як показує графік, відзначався різке зростання числа спроб використання мережі рухомого зв'язку, але такі спроби були вдалими як внаслідок перевантаження мережі, так і невеликої кількості доступних базових станцій [9, 11].

За рекомендацією МСЕ-Т в системі порятунку можуть використовуватися технологія GSM і технологія LTE. Але є велика ймовірність того, що такі технології не будуть доступні до використання (загроза терористичних актів).

Предметом розгляду в даному підрозділі є аналіз перспективності використання систем цифрового транкінгового зв'язку в «Системі 112» із залученням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як додаткового ресурсу зв'язку при виникненні НС [6, 18]. Системи цифрового транкінгового зв'язку спеціально розроблені для застосування в екстрених службах, комерційних підприємствах і транспортних компаніях [9, 10, 12, 18].

Система мобільного радіозв'язку повинна відповідати чотирьом ключовим вимогам, щоб її можна було використовувати для професійного зв'язку.

Інфраструктура повинна бути стійкою і високо доступною. Зазвичай це досягається за допомогою надлишкової мережевий архітектури, надлишкових каналів між мережевими елементами і використанням відмово-стійких мережевих елементів. Крім того, базові станції можуть підвищити доступність своїх осередків, працюючи в резервному режимі і надаючи мінімальне обслуговування, коли з'єднання з інфраструктурою втрачається і коли послуги всій мережі не можуть тимчасово підтримуватися [10, 16].

Зв'язок повинен бути надійним. В критично важливих мережевих службах зв'язок повинна бути доступною і стабільною (особливо в разі великомасштабних лих). Навіть на кордоні стільники мовні пакети, короткі повідомлення даних і пакетні дані повинні надійно передаватися кінцевому користувачеві [15].

Зв'язок повинен бути безпечним. Важливо, щоб отримувати надіслані мережею функції безпеки для захисту користувачів: взаємну аутентифікацію інфраструктури та терміналів; способи тимчасового і постійного відключення терміналів і смарт-карт; виявлення та компенсацію перешкод на радіоінтерфейсу; шифрування в радіоінтерфейсу призначених для користувача даних і даних сигналізації, включаючи адреси; наскрізне шифрування даних користувача.

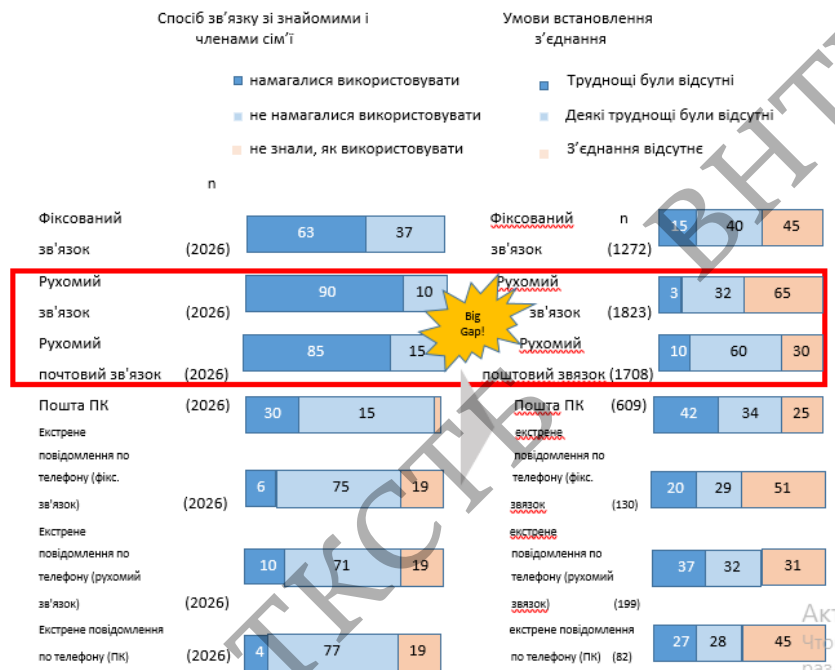


Рисунок 1.5 – Статистика щодо використання засобів зв'язку після землетрусу в Японії в березні 2011 року [5]

Професійні користувачі в основному працюють в групах. Мережа повинна підтримувати багатоточковий зв'язок, тобто групові виклики, групові адресні короткі повідомлення даних і групові адресні пакетні дані.

Цифровий стандарт TETRA (TErrestrial Trunked RAdio), рекомендований до використання в Україні, є відкритим стандартом цифрового транкінгового радіозв'язку, що дозволяє забезпечувати спільну роботу обладнання різних виробників. Етапи еволюції для стандартизації та впровадження TETRA 3 в якості професійної мобільної технології радіозв'язку для передачі голосу і даних

з підтримкою 4G і повністю IP- 4G, описані в роботах [12, 13, 15] і представлені на рисунку 1.6.

Враховуються вимоги користувачів професійної мобільного радіозв'язку до широкосмугових додатків критично важливих даних, які включають передачу даних про місцезнаходження, передачу мультимедійного відео і фото, офісні додатки, завантаження і вивантаження оперативної інформації, запити до бази даних в режимі online. Мережа радіодоступу і базова мережа в версії TETRA 3 повинні стати повністю IP (Internet Protocol), зберігаючи при цьому високу якість обслуговування голосових послуг.

Стандарт TETRA відповідає перерахованим вище вимогам. Порівняльний аналіз цифрових стандартів професійного радіозв'язку, що набули поширення в ЄС, за основними характеристиками (технічним, функціональним можливостям, що надаються зв'язку, можливості взаємодії з безпілотними літальними апаратами). Детально аналіз використання TETRA для побудови «Системи 112» представлено в публікаціях [9, 10, 16, 17, 18, 19].

Ресурси радіозв'язку TETRA використовувалися для організації навчань з ліквідації НС і для побудови єдиної мережі в системах порятунку в Вінниці і в інших регіонах країни.

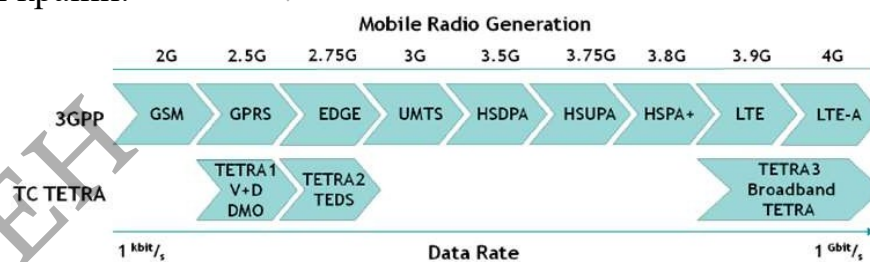


Рисунок 1.6 – Зіставлення комерційних стандартів мобільного радіозв'язку з реалізаціями професійного стандарту TETRA [10]

Стандарт TETRA є технологічно найбільш досконалим стандартом професійної радіотелефонного зв'язку, і має найбільшу встановлену базу в світі. Цифрова система TETRA може працювати в трьох режимах зв'язку - напівдуплекса, дуплексу, передачі мультимедійного трафіку.

При дослідженні можливостей обладнання стандарту TETRA, його можна розглядати з точки зору теорії телетрафіка як СМО з груповим надходженням

заявок (заявки від джерела в режимі напівдуплекса, заявки від джерела в режимі дуплексу, і, на кінець, заявки від джерела в режимі мультимедія). Для опису даної системи пропонується використовувати методи теорії телетрафіка.

У ряді робіт пропонується використовувати стандарт TETRA для виконання ролі GSM і LTE в системах екстреного зв'язку як запропоновано в роботах [9, 10, 11, 12]. При необхідності безпілотні літальні апарати (БПЛА) дозволяють забезпечити мобільний зв'язок в аварійних і надзвичайних ситуаціях [7, 9, 10]. Йдеться про використання стандарту TETRA в режимі дуплексу і режимі мультимедія. Так, на базі обладнання стандарту TETRA може здійснюватися автоматизований прийом тривожних повідомлень від систем охоронної, пожежної і тривожної сигналізації та телеметричних датчиків, а також виконуватися сполучення з системами керування, зв'язку та моніторингу екстрених служб. При проведенні рятувальних і відновлювальних робіт це обладнання стає додатковим, але в ряді випадків - основним ресурсом зв'язку між рятувальниками.

Таким чином, перспективним є використання обладнання цифрового стандарту TETRA для оперативного керування технічними і людськими ресурсами «Системи 112» під час ліквідації наслідків НС. Перевагою стандарту TETRA є забезпечення зв'язку з високою надійністю, захищеністю і великою пропускнуою здатністю, а також міжвідомча взаємодія за рахунок єдиної телекомунікаційної інфраструктури. Цифровий стандарт TETRA зберігає можливість застосування користувачами традиційних для радіозв'язку режимів напівдуплексної або симплексного зв'язку, вводячи обслуговування з відмовами або з очікуванням. Одночасно з цим намічається перехід значної кількості користувачів на дуплексний зв'язок, а також використання мультимедійних засобів передачі інформації. Узагальнена функціональна модель розподілу трафіку в системі екстрених служб представлена на рисунку 1.7.

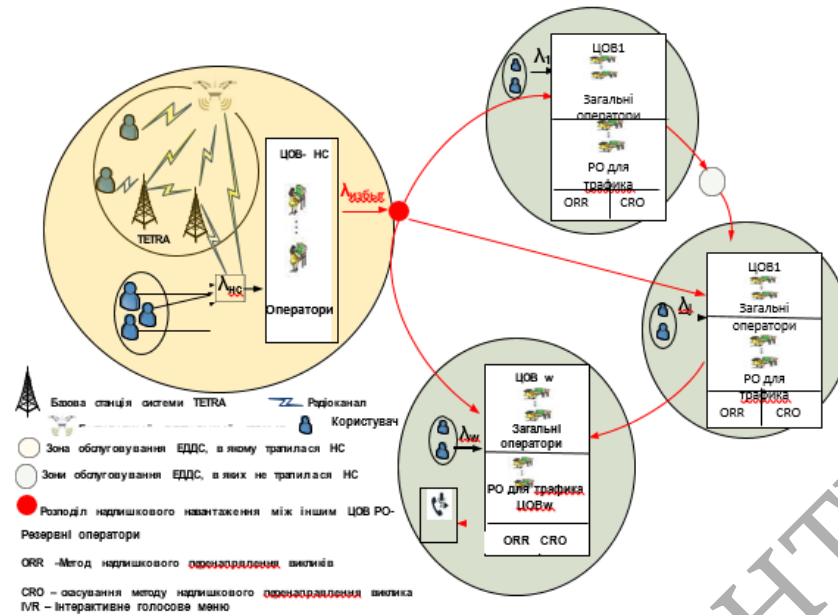


Рисунок 1.7 – Узагальнена функціональна модель розподілу трафіку в системі екстрених служб

1.5 Вибір методів теорії масового обслуговування, перспективних для опису функціонування систем обслуговування екстрених викликів

1.5.1 Можливості порівняльного аналізу систем зв'язку методами теорії масового обслуговування

Основи теорії масового обслуговування (ТМО) були викладені в працях (1908-1918 роки) датського математика А. К. Ерланга. На новому витку технологій зв'язку методи теорії телетрафіка використовуються для опису функціонування складних систем телекомунікацій, в яких поєднуються різні способи передачі інформації і реалізуються нові послуги зв'язку [6].

Імовірність втрати виклику $P_B(t_1, t_2)$ що надійшов в проміжку $[t_1, t_2)$, визначається як відношення числа втрачених і числа надійшли $C(t)$ викликів у проміжку часу t :

$$P_B(t_1, t_2) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{C_{\text{пот}}}{c(t)}. \quad (1.1)$$

Потік викликів є стаціонарним, якщо ймовірність надходження k викликів на інтервалі $(t_0; t_0 + \Delta t)$ не залежить від t_0 , а залежить тільки від величини інтервалу Δt [6].

Якщо чисельник і знаменник (1.1) помножити на середній час одного заняття $t_{зан}$, то одержимо рівносильне відношення інтенсивності надлишковості [6]

$R(t_1, t_2)$ і надходить $D(t_1, t_2)$ навантажень:

$$P_B = R/D, \quad (1.2)$$

$$\text{де } R = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} R(t_1, t_2) \text{ і } D = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} D(t_1, t_2)$$

Положення теорії телетрафіка розвивалися в роботах Б.С. Лівшиця, А. П. Пшеничникова, Г. П. Башарина, В. І. Неймана, М.А. Шнепса-Шнепп, А.Д. Харкевича, С. Н. Степанова і багатьох других учених [2, 3, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 20]. Основним інструментом дослідження в ТМО є метод рівнянь ймовірностей станів, інтенсивності переходу з одного стану в інший відомі на підставі властивостей потоків викликів і потоків звільнення.

Для системи масового обслуговування СМО можна скласти систему рівнянь, що зв'язують між собою ймовірності сусідніх станів [6, 7]. Потік викликів на обслуговування є пуассоновским, якщо володіє властивостями стаціонарності, відсутність післядії і ординарність.

Потік викликів на обслуговування є пуассоновским, якщо володіє властивостями стаціонарності, відсутність післядії і ординарність. Властивість стаціонарності в системах телефонного зв'язку забезпечується великим числом джерел викликів, які створюють виклики незалежно один від одного.

Припущення про експоненційному законі розподілу тривалості обслуговування заявки є наріжним камінням класичної моделі Ерланга. Це дозволяє, якщо на вхід СМО надходить найпростіший потік:

отримати зручне аналітичне рішення системи рівнянь ймовірностей станів, що характеризують функціонування СМО;

провести розрахунок СМО для найбільш складних умов роботи.

Традиційне припущення про експоненційному законі розподілу тривалості обслуговування виклику використовується при проектуванні телефонних мереж і систем [7]. Можна послатися на рекомендацію Е. К. Венцель про доцільність використання експоненціального закону розподілу у всіх тих випадках, коли значну частину викликів становлять короткі заняття, а частка викликів тривалого обслуговування - невелика.

Для класичної моделі Ерланга шляхом вирішення системи рівнянь, що зв'язують між собою ймовірності сусідніх станів, були отримані аналітичні вирази [3, 7, 9, 17]. Зокрема, для аналітичної оцінки величини P_r - стаціонарної ймовірності того, що рівно r ліній зайняті обслуговуванням, може бути використана формула

$$P_r = \frac{A^r/r!}{\sum_{i=0}^r (A^i/i!)}, r = 0, 1 \dots V. \quad (1.3)$$

Вираз для ймовірності втрати виклика P_B , що характеризує стан «все лінії зайняті», $P_B = E_v(A)$ або $P_B = P_V$ називають першою формулою Ерланга:

$$P_B = E_v(A) = \frac{A^V/V!}{\sum_{i=0}^V (A^i/i!)} \quad (1.4)$$

де $A = \lambda/\mu$

λ - інтенсивність надходження вимоги;

μ - інтенсивність обслуговування вимоги.

За допомогою рекурентного співвідношення, проводиться обчислення по першій формулі Ерланга з використанням ЕВМ:

$$E_v(A) = AE_{v-1}(A)/[V + AE_{v-1}(A)] \quad (1.5)$$

Використання моделі Ерланга актуально для систем обслуговування екстрених викликів, оскільки основу виникає в режимі НС потоку телетрафіка становитимуть виклики реального часу (телефонія фіксованого або мобільного доступу).

1.5.2 Перспективність використання методу RDA, що дозволяє врахувати вплив перевантажень

Поява додаткового трафіку в системах і мережах зв'язку (в нашому випадку - при виникненні НС) може проводити до підвищення ймовірності втрат за викликами. Загальноприйнятою практикою в організації роботи центрів обслуговування викликів є переадресація надлишкового трафіку на інтерактивне голосове меню. При виникненні НС така переадресація можлива, але оскільки прийняття рішень в цьому випадку затягується, то може бути упущено час на оперативне реагування.

Одним з можливих шляхів поліпшення зазначеної ситуації є обслуговування надлишкового трафіку з використанням обхідних (альтернативних) напрямку. Для розрахунку числа каналів в обхідному напрямку, на яке може надсилатися надлишкова для інших напрямків зв'язку навантаження, використовується метод RDA. Можливості, принципи використання методу RDA описані в роботах [6, 8].

Метод RDA дає досить точні оцінки числа каналів в повнодоступному пучку, що обслуговує суму надлишкових навантажень. Використовуються позначення: R - середнє значення надлишкового навантаження; D - її розсіювання тобто різниця дисперсії і середнього значення; A - Інтенсивність навантаження [9].

Слід виділити актуальність і необхідність експертно-аналітичної оцінки для вибору ресурсу альтернативного напрямку з урахуванням особливостей конкретної мережевої структури [11]. Використання методу декомпозиції дозволяє виробляти формалізоване опис процесів надання послуг на різних ділянках системи взаємодопомоги.

Актуально використання методу RDA:

для оцінки стійкості до перевантажень центрів обслуговування викликів екстрених служб, об'єднаних в систему взаємодопомоги;

для визначення необхідного числа радіоканалів при взаємодії з безпілотним літаючим апаратом, використовуваним для оперативного керування технічними і людськими ресурсами «Системи 112» при ліквідації наслідків НС.

1.5.3 Використання математичної моделі з груповим надходженням заявок на обслуговування для дослідження функціонування систем професійної радіотелефонного зв'язку

Модель Ерланга описує системи, в яких надходять заявки є простими. Однак в практиці можливі випадки, коли вимоги на обслуговування надходять в систему групами. Прикладом цього може служити обслуговування викликів в стандарті TETRA.

При дослідженні функціонування системи TETRA повинна враховуватися потреба в поданні радіоканалів для забезпечення зв'язку в конкретних режимах (напівдуплекс, дуплекс, мультимедійний трафік). При обслуговуванні виклику в режимі напівдуплекс відбувається заняття одного інформаційного каналу в радіоінтерфейсу. Для реалізації зв'язку в режимі дуплексу займаються два інформаційні канали в радіоінтерфейсу. Можливість передачі мультимедійного трафіку відноситься до нових можливостей систем стандарту TETRA, і добре узгоджується з новим напрямком розвитку професійної радіотелефонного зв'язку

- а саме, з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Для передачі мультимедійного трафіку необхідна група вільних інформаційних каналів в радіоінтерфейсу, що надається на постійній основі або на час сеансу зв'язку. Пропонується використовувати для опису системи TETRA математичну модель, яка була розроблена для випадку надходження групових заявок на обслуговування. Передбачається, що число вимог в групі постійно. У роботах [5, 7] представлені рекурентні залежності для варіанту, коли в будь-який момент часу може надійти одна вимога в групі з імовірністю F_1 , а також можуть надійти і вимог у групі з імовірністю F_i

Оскільки вхідний потік груп вимог підпорядковується пуассонівському закону, то справедливий висновок Б.А.Севастьянова, що «залежно, одержувані для стаціонарного рішення, залишаються незмінними при будь-якому розподілі часу обслуговування, як і в разі ординарного пуассоновського потоку» [9, 10, 18]

Для дослідження функціонування системи стандарту TETRA необхідно визначити процедуру розрахунку значень ймовірності втрат за викликами в системі, враховуючи вплив переходу від базового режиму роботи напівдуплекс до роботи в режимі дуплекс, а також враховувати вплив мультимедійного трафіку.

1.5.4 Можливості статистичного моделювання системи взаємодопомоги екстрених служб

Актуальність моделювання визначається високою складністю досліджуваної системи. Аналітичне дослідження функціонування системи екстрених служб передбачає:

функціонування ЦОВ-НС з визначенням характеристик потоку трафіку викликів на вході розподільника надлишкових викликів, які передбачається проводити за методом RDA;

функціонування центрів обслуговування екстрених викликів, в яких може виділятися оперативний резерв, недоступний для викликів із зони НС. Виділення оперативного резерву може бути актуально для збереження достатнього високої якості обслуговування користувачів в зонах, не порушених НС.

Коректність аналітичного опису повинна бути підтверджена результатами моделювання. Для більшої наочності при написанні програми моделювання використовувалася робота з масивами даних, в яких будуть згруповані дані про моментах надходження заявок на обслуговування, тривалості їх обслуговування, наявності ресурсу вільних операторів для обслуговування заявок. Використання масивів даних дозволяє простежити в режимі online обслуговування конкретної заявки, або групи заявок.

Для моделювання потоку заявок необхідне одночасне використання двох генераторів: генераторами випадкових чисел. Один генератор використовується для генерації моментів надходження нових заявок (викликів); інший генератор використовується для визначення випадкового показника - тривалості обслуговування конкретної заявки. При моделюванні враховуються:

- характеристика потоку - інтенсивність надходження заявок λ ;

характеристика обслуговування - інтенсивність обслуговування заявок μ .

Початковий стану генераторів встановлюються на початку нової серії випробувань, і також повинні утворювати послідовність випадкових чисел. Загальне число генераторів випадкових чисел залежить від числа модельованих потоків заявок [8, 10, 12, 18]. Тривалість серії випробувань зазвичай фіксується на певному рівні, який повинен відповідати заданому періоду часу послідовної роботи.

В даний час область використання методів статистичного моделювання істотно розширена. Так, крім використання як допоміжний засіб для оцінки достовірності аналітичних припущень, методи математичного моделювання використовуються в якості базового засобу для моделювання якості роботи мереж і систем зв'язку в умовах швидкого зростання трафіку на окремих напрямках або в умовах відмови частини обладнання.

1.6 Постановка завдання дослідження

Надзвичайні ситуації супроводжуються різким зростанням телекомунікаційного трафіку, що надходить в Систему 112. Центри обслуговування викликів є основною точкою входу для всіх звернень, тому необхідне рішення, яке забезпечить необхідний функціонал при виникненні і розвитку надзвичайної ситуації.

Об'єднання ресурсів в єдину систему екстрених служб для перерозподілу надходить трафіку в «Системі 112» є одним з перспективних підходів для усунення негативного впливу НС і забезпечення високої ймовірності успішного обслуговування екстрених викликів операторами ЦОВ.

Актуальною науковою задачею є розробка метода підвищення пропускної спроможності системи екстрених служб, що дозволяє врахувати вплив сукупності факторів, таких як:

- вибір структури системи екстрених служб;
- загальне число центрів обслуговування викликів в системі; вплив методу розподілу надлишкового трафіку; особливості формування оперативного резерву.

На етапі ліквідації наслідків НС для забезпечення оперативного зв'язку в рамках «Системи 112» перспективного використання обладнання професійної радіотелефонного зв'язку. Обмежений ресурс радіоканалів визначає актуальність оцінки пропускної здатності радіоінтерфейсу для забезпечення надійного зв'язку.

1.7 Висновки до розділу 1

1. Організація доступу користувачів до екстрених служб за єдиним номером перспективна, і реалізується в багатьох розвинених країнах. На початковому етапі розвитку надзвичайної ситуації значно зростає число звернень до екстрених служб. Необхідно забезпечити їх обслуговування силами операторів центрів обслуговування екстрених викликів з мінімальними втратами.

2. У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено функціонування системи екстрених служб, що об'єднує ресурси центрів обслуговування викликів, яка розглядається як сукупність систем масового обслуговування.

3. Передбачається досліджувати функціонування системи екстрених служб на основі аналітичних виразів, враховуючих особливостей методів керування надлишковим трафіком, вплив оперативного резерву і можливість виходу з ладу окремих елементів системи.

4. На етапі ліквідації наслідків НС засоби мобільного зв'язку можуть бути відключені з міркувань безпеки. Перспективного використання коштів

професійної радіотелефонного зв'язку стандарту TETRA в поєднанні з можливостями безпілотних літальних апаратів.

5. Формалізований опис функціонування радіоінтерфейсу системи професійної радіотелефонного зв'язку в напівдуплексному, дуплексному і мультимедійних режимах виконано з використанням теорії телетрафіка і, зокрема, підходу, розробленого для опису систем з груповим надходженням заявок на обслуговування.

6. Як об'єктивного мірила оцінки достовірності аналітичних розрахунків використано статистичне моделювання.

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ

2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕКСТРЕНИХ ВИКЛИКІВ

2.1 Використання методу RDA для опису обслуговування надлишкового трафіку

Пропонується використовувати метод RDA для опису функціонування системи екстрених служб, що об'єднує в режимі НС кілька ЦОВ. Метод RDA повинен в даному випадку враховувати:

- можливість перенаправлення надлишкової навантаження від ЦОВ-НС на розподільник викликів, який є входом до ресурсу об'єднаного альтернативного напрямку;
- використання для реалізації об'єднаного альтернативного спрямування частини ресурсів ЦОВ, включених в систему екстрених служб, для підвищення числа встановлених з'єднань між користувачами і операторами екстрених служб;
- метод RDA дає можливість визначення числа операторів в об'єднаному альтернативному напрямку з урахуванням девіації навантаження, що надходить на ЦОВ - НС [9].

Пропонується також використовувати метод RDA для опису функціонування системи радіотелефонного зв'язку, що об'єднує в режимі НС кілька базових станцій і БПЛА, який використовується як альтернативний напрям зв'язку:

- точка присутності БПЛА може отримувати в системах радіозв'язку, і, в тому числі, в TETRA статус напрямки зв'язку. На нього буде направлятися надлишковий трафік (виклики) від осередків, що мають безпосередній зв'язок з активними абонентами (абоненти, які знаходяться на зв'язку).

- стоїть завдання визначити ресурс каналів БПЛА при заданому числі осередків, які може контролювати БПЛА.

Як показано на рисунку 2.1, надмірні навантаження являють собою втрачений трафік на N_i лінійному повнодоступну пучку при надходженні на вході пучок пуассоновського потоку з інтенсивністю рівної A_i , $i = 1 \dots n$

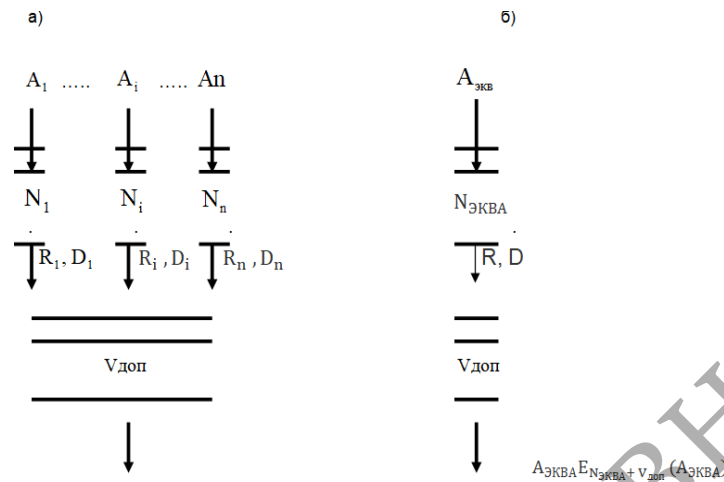


Рисунок 2.1 – Загальна схема методу RDA: а) вихідна схема повнодоступних пучків; б) еквівалентна схема

Кожен повнодоступний пучок складається з N_i радіоканалів. На вхід кожного повнодоступного пучка надходить пуассоновський потік заявок на обслуговування з інтенсивністю A_i , $i = 1 \dots n$. Надлишкові заявки від n осередків надходять на повнодоступний пучок, обслуговуючий суму надлишкових навантажень [9].

Число каналів $V_{\text{доп}}$ в цьому пучку каналів визначається за умови, щоб ймовірність втрат була не більше допустимої ймовірності, тобто виконується нерівність $p_{\text{втрат}} > p_{\text{пот.доступ}}$.

Визначимо число каналів $V_{\text{доп}}$, використовуючи такий алгоритм розрахунку [7, 9]:

1. середнє значення надлишкового навантаження на i - му пучку ліній

$$R_i = A_i E_N \cdot (A_i) = A_i \left(\frac{A_i^{N_i}}{N_i!} / \sum_{k=0}^{N_i} \frac{A_i^k}{k!} \right). \quad (2.1)$$

2. розсіювання

$$D_i = \left(\frac{A_i R_i}{N_i + 1 - A_i + R_i} \right) - R_i^2 \quad (2.2)$$

3. параметри сумарної надлишкового навантаження і розсіювання

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \text{ u } D = \sum_{i=1}^n D_i. \quad (2.3)$$

4. Отримані значення R і D з пункту 3 використовуються для вирішення системи рівняння (2.4), з якої визначаються невідомі параметри $A_{\text{ЕКВА}}$ і $N_{\text{ЕКВА}}$ еквівалентного повнодоступного пучка, що заміняє собою n вихідних пучків

$$\begin{aligned} R &= A_{\text{ЕКВА}} E_{N_{\text{ЕКВА}}}(A_{\text{ЕКВА}}), \\ D &= R \left\{ \frac{A_{\text{ЕКВА}}}{N_{\text{ЕКВА}} + 1 - A_{\text{ЕКВА}} + R} - R \right\}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

5. За відомими значеннями $A_{\text{ЕКВА}}$ і $N_{\text{ЕКВА}}$ A , отриманим з системи (2.4) визначається шукане число еквівалентних каналів в альтернативному (додатковому) пучку каналів $V_{\text{доп}}$ як результат рішення рівняння

$$B = A_{\text{ЕКВА}} \cdot E_{N_{\text{ЕКВА}} + V_{\text{доп}}}(A_{\text{ЕКВА}}) + V_{\text{доп}}(A_{\text{ЕКВА}})/R, \quad (2.5)$$

де B - задано за умовами завдання і являє собою ймовірність втрат за викликами в еквівалентному пучку ліній;

$E_{N_{\text{ЕКВА}} + V_{\text{доп}}}(A_{\text{ЕКВА}})$ - відповідає першій формулі Ерланга для значень інтенсивності навантаження $A_{\text{ЕКВА}}$ і числа ліній $(N_{\text{ЕКВА}} + V_{\text{доп}})$.

Для пошуку результатів за методом RDA була розроблена програма на мові програмування високого рівня, лістинг якої представлений в Додатку 2. Для вирішення системи рівнянь (2.4) використовувався наступний алгоритм послідовного наближення.

Чи задавалися початкові значення для $A_{\text{ЕКВА}} = A_0$ і $N_{\text{ЕКВА}} = N_0 = 1$.

Виконувалося для початкових значень рішення системи рівнянь, значення $A_{\text{ЕКВА}}$ змінювалося на малу величину Δ . Циклічно виконувалася операція $A_{\text{ЕКВА}} = A_{\text{ЕКВА}} + \Delta$ і знову вирішувалася система рівнянь (2.5). Мета цього етапу

- пошук значення $A_{\text{ЕКВА}} = A_{\text{ЕКВА} \cdot 1 \text{ етап}}$ з мінімальним розходженням від рішення рівнянь.

Далі встановлюються значення $N_{\text{ЕКВА}} = N_{\text{ЕКВА}} + 1$ і $A_{\text{ЕКВА}} = A_0$. Виконується рішення системи рівнянь для заданих значень $A_{\text{ЕКВА}}$ і $N_{\text{ЕКВА}}$.

Потім циклічно виконувалася операція $A_{\text{ЕКВА}} = A_{\text{ЕКВА}} + \Delta$.

Потім повторно вирішувалася система рівнянь (2.4).

Мета цього етапу - пошук такого значення $A_{\text{ЕКВА}} = A_{\text{ЕКВА} \cdot 2 \text{ етап}}$, для якого розбіжність при вирішенні рівнянь буде найменшим.

Другий етап виконується багаторазово. За результатами кожного звернення до цього етапу проводиться порівняння величин $A_{\text{ЕКВА} \cdot i \text{ етап}}$ і $A_{\text{ЕКВА} \cdot (i+1) \text{ етап}}$ для визначення - чи є сукупність значень $N_{\text{ЕКВА} \cdot (i+1)}$ і $A_{\text{ЕКВА} \cdot (i+1)}$ рішенням рівняння (2.4).

2.2 Розробка математичної моделі функціонування системи екстрених служб

2.2.1 Подання системи екстрених служб у вигляді сукупності систем масового обслуговування

Припустимо, що на території одного центру обслуговування екстрених викликів виникає надзвичайна ситуація, будемо надалі називати його ЦОВ-НС. Одним з проявів НС є швидке зростання числа екстрених викликів, що надходять в ЦОВ-НС. Можна зменшити навантаження на операторів ЦОВ -ЧС, передавши частину викликів на обслуговування в інші ЦОВ системи взаємодопомоги. Пропонуються два варіанти вирішення завдання.

Перший варіант, описаний в підрозділі 1.3, передбачає побудову системи екстрених служб, в якій надмірне навантаження прямує від ЦОВ-НС на інші центри.

Другий варіант передбачає наявність єдиного центру обслуговування викликів оперативного реагування (ЦОВ ОР), на який можна направляти надмірне навантаження, що виникає в зонах НС [12].

Спростити формалізоване опис процесів надання послуг на різних ділянках системи взаємодопомоги дозволяє використання методу декомпозиції. Цей підхід, який використовується при розробці математичних моделей і дослідженні характеристик складних систем зв'язку в теорії телетрафіка, пропонує розбивати систему на окремі модулі. Розрахунок характеристик досліджуваної системи здійснюється за допомогою відповідних характеристик окремих модулів [10, 18].

Стосовно до сукупності ЦОВ, об'єднаних в систему взаємодопомоги, також можна використовувати поняття «макрорівень» і «мікрорівень». Поняття «Макрорівень» вводиться для опису взаємодії між кожним із центрів обслуговування викликів та ЦОВ-НС (центр, в якому виникли НС). Характеристики, які стосуються макрорівня, являють собою характеристики кожного з ЦОВ з урахуванням процесів обслуговування в ЦОВ-НС.

Характеристики, які стосуються мікрорівня, являють собою характеристики ЦОВ - НС, як окремого об'єкта досліджень.

Використання такого підходу полегшує введення і аналіз різних узагальнень основної моделі. Полегшення аналізу пов'язано з тим, що алгоритми оцінки характеристик на двох рівнях загальної моделі можна робити незалежно один від одного, вносячи необхідні зміни [19].

При розробці моделі в першу чергу потрібно вибрати форму подання розрахункового матеріалу і визначити ймовірні характеристики, що описують принцип функціонування ЦОВ. Можна розрахувати надлишкове навантаження, що виходить без обслуговування з єдиного центру, в якому відбулися НС. Термін «надмірне навантаження» в теорії масового обслуговування відповідає необслугованому навантаженню, потік якої має властивості основного потоку, але з іншого інтенсивністю.

Розглянемо систему розподілу надлишкового навантаження.

Алгоритми розподілу навантаження поділяються на динамічні та статичні. Для реалізації динамічних алгоритмів розподілу навантаження використовується оперативна інформація про стан системи. У нашій моделі ця інформація є дані про завантаженість центрів, в які можливий перехід викликів на обслуговування з ЧС-ЦОВ в момент, коли виникає надмірне навантаження. На підставі цієї

інформації може визначатися спосіб розподілу надлишкового навантаження в сусідні центри ЦОВ. Все центри в системі взаємодопомоги (крім центру в зоні НС) називаємо альтернативними.

Можливо індивідуальне розподіл (статичну), в якому вже заздалегідь визначений варіант розподілі надлишкового навантаження в ЦОВ. Детально алгоритми розподілу навантаження розглянуті в роботах [6, 7, 9, 10, 13, 16, 17].

Навантаження, обслужених в альтернативних ЦОВ, складається з навантаження, що виникла в межах зони обслуговування кожного з альтернативних центрів, і навантаження від ЦОВ-НС. Для аналітичного опису функціонування альтернативних центрів ЦОВ потрібно використовувати відомості про інтенсивність надходять потоків викликів і тривалості НС. За допомогою цих даних можна, наприклад, уточнити кількість робочих місць операторів, якими слід доповнювати альтернативні ЦОВ.

Розроблена модель дозволить регулювати і зменшувати навантаження в центрі ЧС-ЦОВ.

З кожним центром ЦОВ можна пов'язати випадковий процес, який задає потік викликів, що виникає в даному центрі, тривалість перебування заявки в основному центрі ЦОВ-НС і ймовірність переходу заявки з ЧС-ЦОВ в інші центри.

Для введення відмінності між потоком заявок, створюваним на вході кожного центру ЦОВ і потоком надлишкових заявок, створюваним на виході ЧС-ЦОВ і переходять на альтернативні центри, будемо називати заявки першого потоку первинними і заявки другого потоку надлишковими.

Припустимо, що на вхід кожного центру надходить потік первинних викликів, який підкоряється закону Пуассона. Таке припущення відповідає загальній традиції, прийнятої в теорії масового обслуговування для опису потоків первинних викликів [3, 7].

Час обслуговування викликів надлишкового та первинного потоків - випадкові величини. Процес надходження цих випадкових величин є Марковским. Функція часу обслуговування має експоненціальне розподіл. Якщо в ЦОВ-НС відреагував на початок НС, то починається напрямок надлишкових

викликів на вихід ЦОВ-НС. Ця операція повторюється в випадкові моменти часу, схожа на операцію просіювання потоків, тому можна сказати, що потік надлишкового трафіку є просіяним

Інтервал часу T між сусідніми викликами потоку просіювання є сумою незалежних випадкових величин. Кожна з цих випадкових величин розподіляються за експоненціальним законом.

За допомогою ще однієї групи параметрів математичної моделі визначаються особливості обслуговування викликів. Припустимо, що з деякою певною ймовірністю обслуговування виклик буде обслуговуватися в своєму центрі. При зростанні цієї ймовірності до певного значення, виклик передається на інші центри для обслуговування.

У даній системі взаємодопомоги передбачається, що час обслуговування викликів первинного та надлишкового потоків має показовий розподіл з параметром обслуговування μ , однакового для обслуговування викликів первинного надлишкового потоку.

Кожен центр обслуговування (обробки) екстрених викликів ЦОВ з точки зору теорії масового обслуговування може розглядатися як СМО, наявний вид $M/M/V/V$. Перша буква M означає, що надходять потоки є пуассоновским. Друга M означає, що час обслуговування викликів (заняття каналів) розподілено по експонентному закону. Ознака V показує обмежене число каналних ресурсів (в нашому випадку - число операторів). Остання ознака V означає, що відмова в обслуговуванні настає, якщо всі V канали (всі оператори) в момент надходження виклику зайняті, і виклик направляється в систему IVR.

Припустимо, що в зоні обслуговування одного з ЦОВ, позначеного як ЦОВ-НС, настала надзвичайна ситуація. Утворюється потік екстрених викликів. Передбачається, що виникає потік підкоряється закону Пуассона і характеризується інтенсивністю $\lambda_{нс}[11]$ (див. рисунок 1.4.).

Позначимо через W число ЦОВ, на які можлива передача на обслуговування надлишкових викликів з ЦОВ-НС. Загальна кількість ЦОВ в системі взаємодопомоги одно $(W + 1)$ У моделі на вхід кожного з ЦОВ системи

взаємодопомоги надходять три потоку викликів, що представляють собою пуассоновским потоки.

Перший потік - з інтенсивністю λ_j , де $j = 1, 2, 3 \dots W$, що визначає моменти надходження екстрених викликів в j –ий ЦОВ системи, ініційованих в зоні відповідальності даного j – ого ЦОВ.

Другий потік з інтенсивністю $\lambda_{\text{надл}}$ - це частина потоку надлишкового навантаження, що виникає на виході ЦОВ-НС через брак ресурсів і спрямовується в j –ий ЦОВ системи взаємодопомоги.

Третій потік з інтенсивністю $\lambda_{\text{надл}-1}^*$ надлишкового навантаження від $(j - 1)$ – ого ЦОВ (перевантаження, технічну відмову) на інший ЦОВ в ланцюжку маршрутизації.

Надмірне навантаження може розподілятися по всьому W ЦОВ залежно від числа працюючих операторів в кожному ЦОВ системи. На рисунку 2.2. показані процеси надходження і обслуговування викликів в центрах обслуговування викликів (заявок на обслуговування) з урахуванням можливості передачі надлишкових викликів за інші ЦОВ. Запишемо вираз для загальної інтенсивності надлишкового трафіку

$$\lambda_{\text{надл}} = \lambda_{\text{надл}(1)} + \dots + \lambda_{\text{надл}(W)} \quad (2.6)$$

Позначимо величиною $\lambda_{\text{заг}}$ загальну інтенсивність навантаження, що надходить на j – ой ЦОВ і освічену як сума:

$$\lambda_{\text{заг}} = \lambda_j + \lambda_{\text{надл}(j)} + \lambda_{\text{надл}-1}^* \quad (2.7)$$

$$\text{де } \lambda_{\text{надл}(j)} = \lambda_{\text{надл}} * k_j$$

$$j = 1, 2 \dots W;$$

k_j - відома ймовірність, з якою загальна надмірне навантаження розподіляється між ЦОВ. Повинно виконуватися умова [11]

$$\sum_{j=1}^W k_j = 1,$$

$\lambda_{\text{надл}}$ - загальна інтенсивність надлишкового навантаження, яке б із зони НС в систему взаємодопомоги;

$\lambda_{\text{надл}-1}^*$ - інтенсивність надлишкового навантаження, що передається від $(j - 1)$ - ого ЦОВ (перевантаження, технічну відмову) на j - ий ЦОВ в ланцюжку маршрутизації.

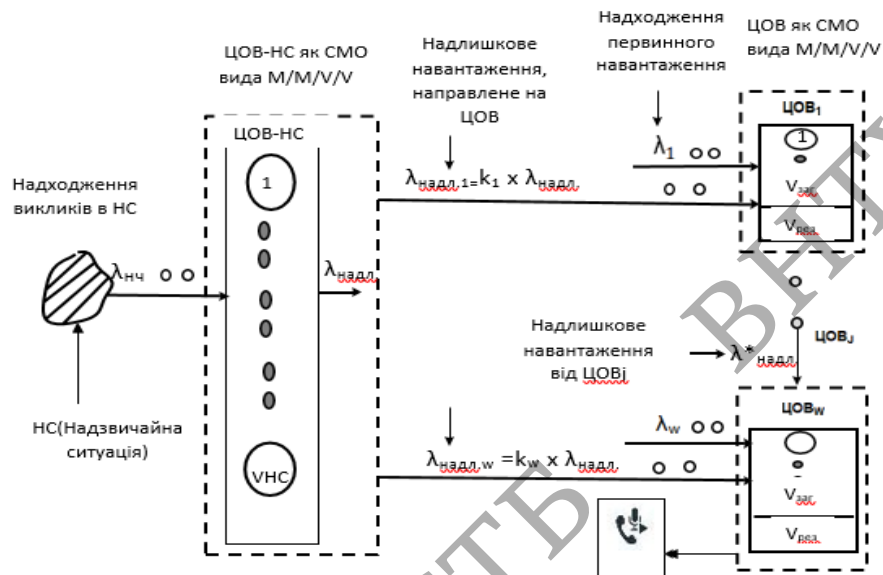


Рисунок 2.2 – Математична модель функціонування системи екстрених служб

2.2.2 Математична модель функціонування центру обслуговування екстрених викликів, що враховує наявність оперативного резерву

Особливістю системи взаємодопомоги на рисунку 2.2. є те, що вона передбачає можливість виділення в кожному ЦОВ деякої групи операторів, що утворює оперативний резерв, в загальному випадку недоступний для трафіку НС з іншої зони обслуговування.

Використовуючи метод декомпозиції, досліджуємо вплив оперативного резервування на функціонування ЦОВ системи при обслуговуванні трафіку екстрених викликів.

Діаграма переходів випадкового процесу, що описує динаміку зміни станів моделі з резервуванням ресурсу робочих місць операторів в кожному з ЦОВ представлена на рисунку 2.3. Аналогічна модель була запропонована

Степановим С.Н. для опису функціонування систем мобільного зв'язку з урахуванням естафетної передачі викликів («handover») [39].

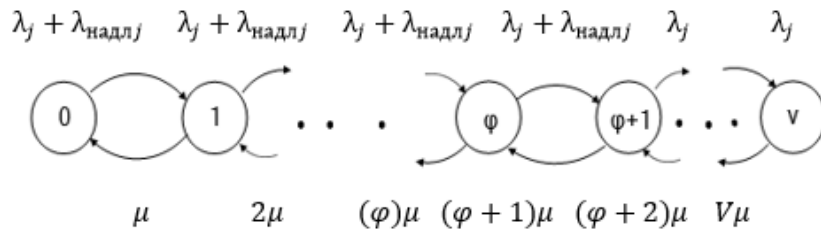


Рисунок 2.3 – Діаграма переходів випадкового процесу, що описує динаміку зміни станів моделі з резервуванням

Число каналів, загальних для двох видів трафіку (надлишкового із зони НС і трафіку даної зони обслуговування), в кожному j – му ЦОВ, визначається за допомогою першої формулі Ерланга як

$$E(V_j, \lambda_{j\text{заг}}) = \frac{\frac{(\lambda_{j\text{заг}})^{V_j}}{V_j!}}{\sum_{k=0}^{V_j} \frac{(\lambda_{j\text{заг}})^k}{k!}} \quad (2.8)$$

Пропонованої варіант побудови моделі передбачає можливість використання частини ресурсів для обслуговування викликів, які надійшли від ЦОВ-НС. позначимо:

- величиною φ поріг резервування каналів трафіку, який використовується для обслуговування викликів від ЦОВ-НС;
- величиною $V_{\text{рез}}$ - число резервних каналів в j – му ЦОВ;
- величиною V_j загальне число каналів в j – му ЦОВ.

Виклики, що надходять на обслуговування в зоні свого центру з інтенсивністю λ_j , будуть обслужені, якщо число зайнятих каналів не більше величин φ . Тобто число зайнятих каналів приймає значення $V = 0, 1, \dots, \varphi$. Виклики від ЦОВ-НС обслуговуються будь-яким вільним каналом $0, 1, \dots, V_j$.

Для визначення числа резервних каналів використовуємо співвідношення

$$V_{\text{рез}} = V_j - \varphi - 1, \text{ де } \varphi = 0, 1, \dots, (V_j - 1).$$

Якщо $\varphi = 0$, то $V_{\text{рез}} = V_j - 1$, а при $\varphi = (V_j - 1)$, має місце $V_{\text{рез}} = 0$.

Для спрощення моделі позначимо, $\lambda_{\text{надл}(j)} = \lambda_{\text{надл}} \cdot k_j$.

Система рівняння рівноваги, що описує модель і зв'язує ненормовані ймовірності має вигляд

$$\begin{aligned} P(0)(\lambda_j + \lambda_{\text{надл}(j)}) &= P(1)\mu, \quad i = 0; \\ P(i)(\lambda_j + \lambda_{\text{надл}(j)} + i\mu) &= P(i-1)(\lambda_j + \lambda_{\text{надл}(j)}) + P(i+1)(i+1)\mu, \quad i = 1, 2, \dots, \varphi; \quad (2.9) \\ P(i)(\lambda_j + i\mu) &= P(i-1)(\lambda_j + \lambda_{\text{надл}(j)}) + P(i+1)(i+1)\mu, \quad i = \varphi + 1; \\ P(i)(\lambda_j + i\mu) &= P(i-1)\lambda_j + P(i+1)(i+1)\mu, \quad i = \varphi + 2, \varphi + 3, \dots, V-1; \\ P(V)V\mu &= P(V-1)\lambda_j. \end{aligned}$$

Система рівнянь має рекурсивні співвідношення, які пов'язують значення $P(i)$ між собою

$$\begin{aligned} P(i)(\lambda_j + \lambda_{\text{надл}(j)}) &= P(i+1)(i+1)\mu, \quad i = 0, 1, \dots, \varphi; \quad (2.10) \\ P(i)(\lambda_j) &= P(i+1)(i+1)\mu, \quad i = \varphi + 1, \varphi + 2, \dots, V-1. \\ P(V)V\mu &= P(V-1)\lambda_j. \end{aligned}$$

Система рівнянь (2.9) має єдине рішення і може бути вирішена за допомогою методів лінійної алгебри. Використовуємо для вирішення метод ітерації. Передбачається, що час обслуговування викликів потоку НС має показовий розподіл з параметром μ . Також допустім, що час обслуговування викликів в j -му ЦОВ має експоненціальне розподіл з параметром μ . Виходячи з основної властивості експоненціального розподілу - для будь-якого виклику що надходить на j -ий ЦОВ незалежно від того, що поступив він в зоні обслуговування даного n -ого ЦОВ або який перейшов на обслуговування в результаті НС, залишковий час обслуговування буде мати експоненціальне розподіл з тим же параметром μ .

Позначимо через $P(i)^r, i = 0, 1, \dots, V$ - наближення номера r до вирішення $P(i)$. Значення наближення номер r можна знаходити за допомогою методу ітерації при виконанні наступних ітераційних кроків.

Крок 1 задаємо початкове наближення для всіх

$$P(0)^{(0)} = P(1)^{(0)} = \dots = P(V)^{(0)} = 1.$$

Крок 2 Обчислюємо наближення номер $r + 1$, після проведення обчислення наближення r і отримання його результат.

Крок 3 Використовуємо для розрахунку рекурентні формули такого виду:

$$P(i)^{(r+1)} = \frac{P(i+1)^{(r)}(i+1)\mu I(0 \leq i \leq V-1) + P(i-1)^{(r)}\lambda_j I(i=V)}{(\lambda_j + \lambda_{\text{надл}(j)})I(0 \leq i \leq \varphi)I + (\lambda_j)I(\varphi < i \leq V-1) + (i\mu)I(i=V)}, i = 0, 1, \dots, V.$$

Крок 4 Визначаємо критерій закінчення ітераційного циклу.

Вибираємо досить малу величину циклу $\sigma = 10^{(-8)} - 10^{(-10)}$, і перевіряємо виконання співвідношення

$$\frac{\sum_{i=0}^V |P(i)^{(r+1)} - P(i)^{(r)}|}{\sum_{i=0}^V P(i)^{(r+1)}} \leq \sigma$$

Крок 5 Визначаємо оцінку стаціонарних ймовірностей системи. Значення ймовірності $P(i)^{(r)}$ є останніми, при яких виконується крок 4.

$$p(i) = \frac{P(i)^{(r+1)}}{\sum_{i=0}^V P(i)^{(r+1)}}$$

Відмови в обслуговуванні викликів (в нашому випадку - напрям виклику в систему IVR), що надійшли із зони відповідальності j -ого ЦОВ, наступають в j -му ЦОВ тільки в разі зайнятості всіх доступних каналів трафіку, які представляють собою суму основних каналів і каналів оперативного резерву, тобто $P_{ivrj} = p(v)$. А ймовірність відмови викликів, які надійшли із зони НС, дорівнює $P_{ivrj \text{ нс}} = \sum_{i=\varphi+1}^V p(i)$.

Для розв'язання задачі оцінки числа резервних каналів в кожному з ЦОВ при фіксованому значенні втрат $P_{\text{допу-цов}}$ (допустима ймовірність втрат у разі отримання дзвінків із зони відповідальності j -ого ЦОВ) і $P_{\text{допу-надл}}$ (допустима ймовірність втрат у разі отримання дзвінків із зони НС) зробимо наступні кроки.

Крок 1 Об'єднуємо надходять потоки заявки в ЦОВ в один загальний потік інтенсивність, якого позначимо через $A = A_j + A_{\text{надл}(j)}$, де $A_j = \lambda_j / \mu$ і $A_{\text{надл}(j)} = \lambda_{\text{надл}(j)} / \mu$

Крок 2 Використовуючи рекурсивне подання формули Ерланга, визначимо число каналів V_0 , при яких виконується умова

$$E(V_0, A) < P_{\text{допу-цов}}.$$

Розрахунок числа каналів V_0 для кожного ЦОВ виконується так: поставимо початкові умови: $V_0 = 0$, $E(0,1) = 1$; створюємо цикл обчислення числа каналів за умови що $E(V_0, A) < P_{\text{допу-цов}}$; виробляємо розрахунок по рекурсивної формулою:

$$E(V, A) = \frac{A * E(V_0 - 1, A)}{V_0 + A * E(V_0 - 1, A)}$$

Крок 3 Використовуючи рекурсію системи (2.9) для кожного $V = V_0 + 1$ в кожному центрі знаходимо значення $V_{\text{рез}}$ для кожного ЦОВ, при якому виконується умова $P_{\text{відк-надл}} < P_{\text{допу-надл}}$. У разі неможливості знаходження значення $V_{\text{рез}}$ при такому числі каналів, додаємо одиницю до загальної кількості V , і повторюємо даний крок ще раз.

Крок 4 Для кожного V і $V_{\text{рез}}$ перевіряється виконання умов

$$P_{\text{иском-цов}}(V, V_{\text{рез}}) < P_{\text{допу-цов}} \text{ і } P_{\text{иском-надл}}(V, V_{\text{рез}}) < P_{\text{допу-надл}}$$

Якщо такі співвідношення виконуються, то значення V і $V_{\text{рез}}$ є необхідними значеннями. А якщо не виконуються, то цикл переходить до другого кроку заново і так далі до виконання співвідношення і, отже, отримання шуканих значення.

Крок 5 Визначається значення $V_{\text{рез}}$ для кожного ЦОВ.

Метою дослідження є визначення величини оперативного резерву для кожного з ЦОВ системи.

У таблиці 2.1. і на рисунку 2.4. представлені результати розрахунку, виконані із залученням програми, розробленої для системи взаємодопомоги і наведеної в Додатку 3.

Представлені залежності отримані для j -ого ЦОВ екстрених служб ємністю $V_j = 20$ операторів при фіксованих значеннях інтенсивності трафіку екстрених служб в даній j -ой зоні обслуговування (в даному випадку $A_j =$

10 Ерл). Інтенсивність надлишкового навантаження при розрахунках встановлювалася в діапазоні $A_{\text{надл}(j)} = 3, \dots, 8$ Ерл. Проведені розрахунки показали, що збільшення оперативного резерву робочих місць $V_{j(\text{рез})}$ зменшує можливості обслуговування надлишкового трафіку із зони НС, а саме зростає ймовірність напрямки викликів із зони НС на систему IVR $P_{ivrj_{\text{НС}}}$. При цьому величина ймовірності напрямки на IVR викликів з j – ой зони обслуговування P_{ivrj} , може зберігатися на досить низькому рівні.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку ймовірності напрямки на IVR викликів

Вихідні дані: $V_j = 20, A_j = 10$ Ерл		
$A_{\text{надл}(j)} = 3$ Ерл		
$V_{j\text{рез}}$	$P_{ivrj_{\text{НС}}}$	P_{ivrj}
0	0,018109	0,018109
1	0,041967	0,013989
2	0,073889	0,010866
3	0,115988	0,006721
4	0,169828	0,006721
5	0,236077	0,005381
$A_{\text{надл}(j)} = 5$ Ерл		
0	0,045593	0,045593
1	0,092593	0,030864
2	0,144375	0,021231
3	0,202827	0,014870
4	0,268654	0,010632
5	0,341564	0,007785
$A_{\text{надл}(j)} = 8$ Ерл		
0	0,109212	0,109212
1	0,191307	0,063769
2	0,263291	0,038719
3	0,332291	0,024361
4	0,401238	0,015879
5	0,471038	0,010736

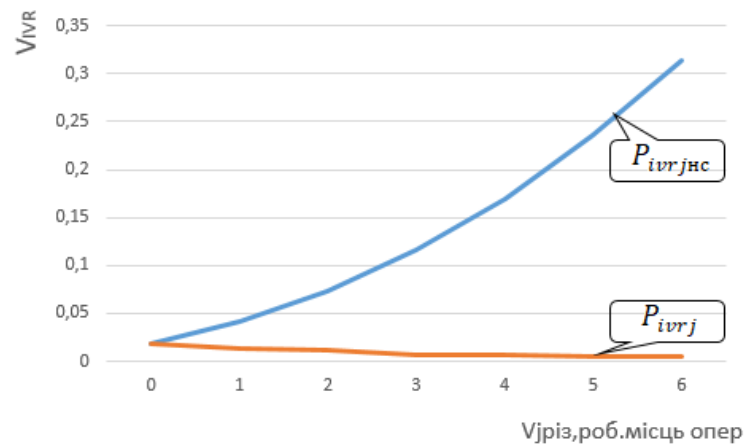


Рисунок 2.4 – Залежності ймовірностей $P_{ivrjнс}$ і P_{ivrj} від величини оперативного резерву $V_{jрез}$

2.3 Варіант оцінки додаткового ресурсу каналів БПЛА у системі TETRA

На рисунку 2.5 представлений перспективний варіант використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як додатковий ресурс у системах TETRA. Кластер складається з чотирьох осередків мережі стандарту TETRA. При зайнятості всіх радіоканалів у конкретному осередку кластера можна використовувати додатковий ресурс каналів БПЛА [36, 38].

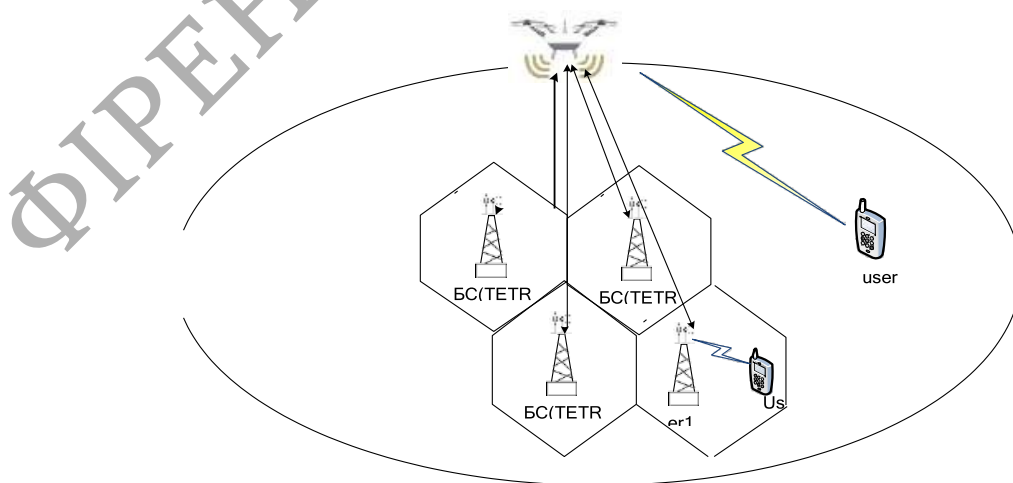


Рисунок 2.5 – Використання БПЛА як засобу захисту від перевантажень

Для опису функціонування радіоінтерфейсу БПЛА використовувати систему обслуговування виду $G/M/V V_{\text{доп бпла}}$. На вхід системи надходять потоки викликів, що виявилися надмірними для осередків системи TETRA (див. рис. 2.6). Знак у першій позиції означає, що вхідний потік має довільний розподіл. Експонентний характер розподілу часу обслуговування дзвінків відображає знак M у другій позиції. Розмір $V_{\text{доп бпла}}$ характеризує кількість каналів зв'язку у цьому напрямі. кожен осередок системи TETRA - це сукупність кількох повнодоступних пучків радіоканалів, відповідних кількості користувачів, розподілених у цьому осередку, і має вигляд $M/M/V$. Сума каналів у всіх осередках V і каналів БПЛА $V_{\text{доп БПЛ}}$ визначає пропускну здатність мережі.

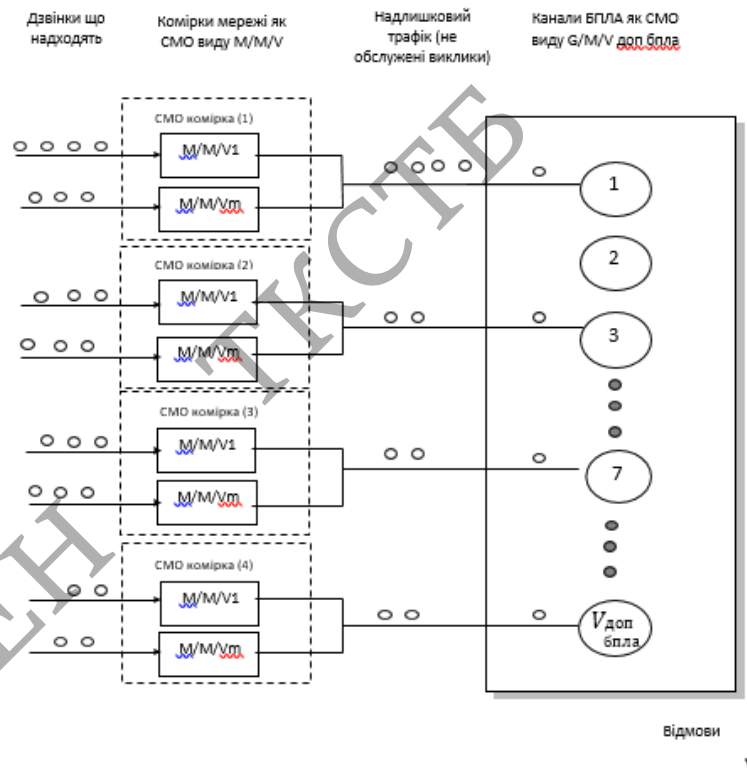


Рисунок 2.6 – Математична модель функціонування системи зв'язку з БПЛА, що поєднує ресурси осередків кластера стандарту TETRA

Передбачається, що точка присутності БПЛА може отримати в системах радіозв'язку, і, зокрема, в TETRA статус напряму зв'язку. На нього працюватиме надлишковий трафік (дзвінки) від осередків, які мають безпосередній зв'язок з активними абонентами (абоненти, які знаходяться на зв'язку).

Використовуємо загальну схему RDA, представлену на рисунку 2.1. Кожен осередок розглядається як система з повнодоступним пучком ліній, що складається з N_i радіоканалів. Припустимо, на пучок каналів у радіо-інтерфейсі кожного осередку надходить потік заявок з інтенсивністю $A_i, i = 1, \dots, n$. Ресурс каналів радіоінтерфейсу БПЛА сприймається як повнодоступний пучок, обслуговуючий надлишковий трафік від n осередків.

Число каналів ($V_{\text{доп бпла}}$) у напрямку БПЛА з урахуванням девіації навантаження визначимо за методом RDA.

Число каналів $V_{\text{доп бпла}}$ визначається за умови, щоб ймовірність втрат була не більшою за допустиму ймовірність, тобто виконується нерівність $p_{\text{д,втрат}} > p_{\text{втр,доступ}}$.

Для визначення шуканого числа еквівалентних ліній у напрямку БПЛА $V_{\text{доп бпла}}$ використовуємо рівняння (2.5) перетворюючи його щодо величини $V_{\text{дост}}$, тобто щодо допустимої ймовірності втрат за викликами у напрямку до БПЛА

$$(V_{\text{дост}} * R) / A_{\text{ЕКВА}} = (E_{N_{\text{ЕКВА}} + V_{\text{доп бпла}}}(A_{\text{ЕКВА}})) \quad (2.11)$$

Для оцінки проміжної розрахункової величини

$$W = (V_{\text{дост}} * R) / A_{\text{ЕКВА}} \text{ приймалося вихідне значення } V_{\text{дост}} = 0,001.$$

2.4 Розробка математичної моделі функціонування цифрових систем професійного радіотелефонного зв'язку

Реалізація передачі в дуплексному режимі чи передача мультимедійного трафіку в системах стандарту TETRA вимагає об'єднання кількох інформаційних каналів у радіо-інтерфейсі базової станції.

Особливістю цифрових транкінгових систем є те, що частина трафіку може бути спрямована на мережі загального користування, зокрема на міські телефонні мережі. Повинна бути врахована також можливість переходу до дуплексного (двостороннього) зв'язку, на відміну від аналогових транкінгових

систем зв'язку, які пропонують переважне використання напівдуплексу. Дуплексний режим зв'язку рекомендовано як актуальний варіант для забезпечення зв'язку між транкінговими системами та міськими телефонними мережами. Додатковим фактором, який слід враховувати, є вплив мультимедійних послуг [1, 29, 42, 43].

Як метод доступу в системі TETRA використовується TDMA, завдяки цьому один канал використовується для встановлення декількох з'єднань. Радіоканал зв'язку поділяється кілька тимчасових інтервалів, що позначаються як TS (timeslot), і є основним ресурсом передачі. У стандарті TETRA під радіоканал відводиться смуга 25КГц, яка ділиться на 4 тимчасових слотів. Кожна MS у процесі встановлення з'єднання займає один TS. Тайм-слот є одиницею ресурсу (тобто один слот – це один каналний ресурс). Прийомо-передавач називається основним модулем каналного ресурсу. Загальний ресурс каналів визначається шляхом множення радіоканалів на коефіцієнт тимчасового ущільнення системи TETRA. Він обмежений.

При проектуванні систем радіозв'язку стандарту TETRA передбачаються різні варіанти обслуговування дзвінків. Першим варіантом є режим напівдуплексного зв'язку, забезпечує зв'язок між користувачами шляхом почергового використання одного каналу. Цей режим популярний завдяки економічному використанню каналного ресурсу.

Поява цифрових транкінгових систем радіозв'язку призвела до можливості переходу на режим дуплексу, в якому використовуються два канали для забезпечення зв'язку. У математичній моделі має бути враховано вплив третього варіанта обслуговування дзвінків, що полягає у впровадженні мультимедіа. Для реалізації послуг мультимедіа передбачається виділення кількох каналів трафіку. З одного боку – перспективно пропонувати передачу трафіку мультимедіа в системах TETRA (наприклад, передачі інформації від БПЛА), але об'єднання кількох каналів для такої передачі зменшує для користувачів кількість доступних каналів. Підвищується ймовірність відмов в обслуговуванні дзвінків. Ступінь впливу мультимедіа належить оцінити.

Актуальним науковим завданням є розробка математичної моделі, що враховує використання трьох варіантів обслуговування викликів у мережах радіотелефонного зв'язку стандарту TETRA. Пропонується систему TETRA розглядати як СМО із груповим надходженням заявок, на вхід якої надходять потоки викликів, які вимагають заняття групи каналів для їх обслуговування. Дослідження та опис системи будемо здійснювати за допомогою методів теорії телетрафіку.

Математична модель, що дозволяє описати функціонування СМО при груповому надходженні заявок пуассонівського потоку випадкового складу, була описана та використана в роботах [42, 49].

Визначимо дві групи параметрів системи – характеристики, що описують функціонування мережі TETRA як радіосистеми, а також ймовірнісні параметри та характеристики.

До першої підгрупи відносяться параметри та характеристики, пов'язані з особливостями поширення радіохвиль, до другої підгрупи відносяться випадкові процеси, що відображають особливості надходження та обслуговування викликів. Перерахуємо параметри та фактори, що впливають на надходження та обслуговування викликів у стандарті TETRA – число абонентів у мережі, вид обслуговування, що запитується користувачем (у моделі – це напівдуплекс, дуплекс, мультимедіа), параметри мережі. Передбачається, що потік викликів, що надходять, є пуассонівським.

Для забезпечення зв'язку в режимі напівдуплексу та дуплексу потрібні, відповідно, один і два інформаційні канали в радіо-інтерфейсі. Для передачі трафіку мультимедіа виділяється сукупність каналів.

Функція розподілу тривалості обслуговування викликів має експоненційний характер. Таке припущення часто застосовується в теорії масового обслуговування та відповідає складним умовам систем. В якості базової дисципліни, що використовується в моделі, що розглядається, може використовуватися дисципліна обслуговування з відмовими (коли через брак вільних каналних ресурсів мережі, обслуговування нових вимог неможливе).

При оцінці якості обслуговування в системах TETRA розглядаються два основні показники - доступність, що визначається на рівні радіо-інтерфейсу базової станції, і ймовірність відмови (блокування) через брак сукупності радіоканалів трафіку (блокування призводить до того, що користувачі мережі не можуть зайняти потрібні канали для реалізації зв'язку).

При аналізі роботи системи TETRA та розрахунку характеристик треба враховувати потребу у наданні інформаційних радіоканалів для реалізації мультимедіа та ступінь проникнення таких послуг.

Припустимо, що радіо-інтерфейс TETRA є V - каналною повнодоступною системою масового обслуговування, на вхід якої надходить груповий потік заявок на обслуговування. Надходження викликів окремих груп підпорядковуються закону Пуассона з інтенсивністю λ (відповідає загальній традиції, прийнятої в теорії масового обслуговування, що описує потоки викликів, що надходять) [41]. Надходження до СМО потоку групових заявок є випадковим, число заявок у групі випадкове. З деякою відомою ймовірністю F_s в момент часу t може надходити групова заявка, яка містить заявок S на обслуговування, де $S = 1, 2, \dots, V$. Позначимо величиною F_1 ймовірність надходження заявки на напівдуплексний зв'язок, коли інформаційний канал використовується по черзі.

Нехай із ймовірністю F_2, F_8, F_{16}, F_{24} надходять заявки дуплексу та мультимедіа (на заняття 8, 16, 24 каналів трафіку, відповідно).

При цьому виконуються умови, що кількість заявок у групі не більша за кількість каналів трафіку в СМО. Якщо остання умова не виконується, система приходить у режим відмови обслуговування

$$V \geq s \geq 1, F_s \geq 0, \sum_{s=1}^V F_s = 1.$$

Будемо позначати через $S = 0, 1, 2, \dots, V$ безліч станів переходів у системі. Перехід з одного стану в інший описується в моделі, що розглядається випадковим чином як $r(t) = i(t)$, де $i(t)$ визначається як число зайнятих каналів в момент часу t .

Оскільки всі випадкові величини мають експоненційний розподіл і один від одного не залежні, то можна вважати процес $r(t)$ марківським процесом.

Запропонуємо, що функція розподілу обслуговування заявок системи підпорядковується експоненційному закону з параметром обслуговування μ .

Імовірність стану системи в стаціонарному режимі позначимо через p_i .

На рисунку 2.7 представлено математичну модель функціонування радіо-інтерфейсу БС мережі TETRA.

Система рівнянь статистичної рівноваги, що описує стан подібної системи, описана в роботах С.М.Степанова, О.А.Новікова, С.І.Петухова [22, 42]. Вона має вигляд:

$$P'_0(t) = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t),$$

$$P'_i(t) = -(\lambda + i\mu)P_i(t) + \lambda \sum_{s=1}^i F_s * P_{i-s}(t) + (i+1)P_{i+1}(t), i < V, \quad (2.12)$$

$$P'_v(t) = -v\mu P_v(t) + \lambda \sum_{k=1}^V P_{v-k}(t) \sum_{s=k}^i F_s,$$

де $P_0(t)$, $P_i(t)$ та $P_v(t)$ – ймовірності станів системи, коли зайняті один, i або V каналів відповідно;

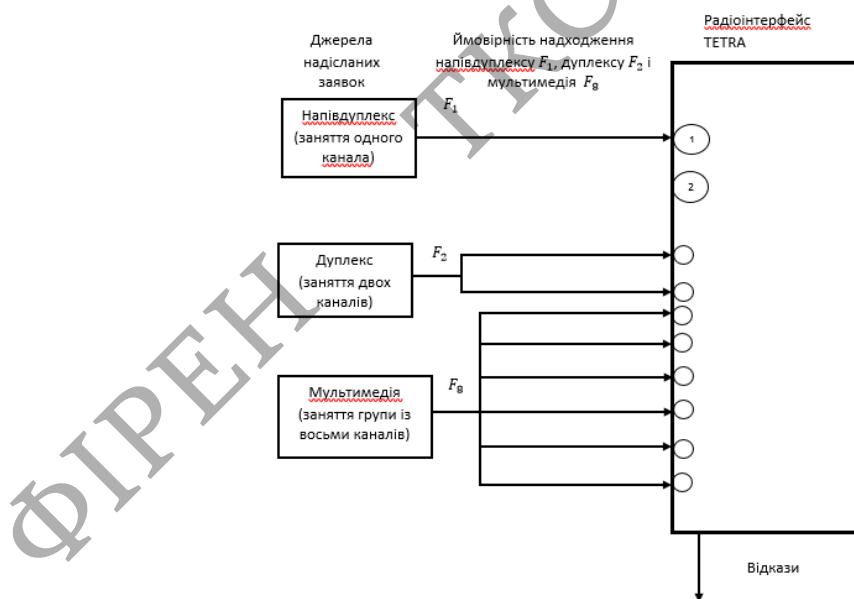


Рисунок 2.7 – Математична модель функціонування радіо-інтерфейсу базової станції мережі TETRA (напівдуплекс, дуплекс, мультимедія)

У стаціонарному режимі, тобто при $t \rightarrow \infty$, система рівнянь рівноваги матиме рішення у вигляді системи рівнянь алгебри

$$p_1 = \frac{\lambda}{\mu} * p_0;$$

$$p_{i+1} = \frac{\lambda + i\mu}{(i+1)\mu} * p_1 - \frac{\lambda}{(i+1)\mu} \sum_{s=1}^i F_s * P_{i-s} \text{ при } i < v, \quad (2.13)$$

.....

$$p_v = \frac{\lambda}{v\mu} \sum_{k=1}^v P_{v-k} \sum_{s=k}^i F_s,$$

де i - число зайнятих каналів системи, $i = 0, 1 \dots v$;

F_s - ймовірність надходження у групі s заявок;

λ, μ – параметри надходження та обслуговування груп дзвінків при випадковому складі заявок у групі.

Значення ймовірності стану p_0 визначається з нормуючої умови:

$$\sum_{i=1}^v P_i = 1$$

Для обчислення значення ймовірності відмови системи зробимо припущення:

розглядається середня кількість заявок у кожний момент часу режимі, що визначається, воно визначається як сума добутку числа каналного ресурсу на ймовірність перебування заявок у цьому каналі

$$v_m = \sum_{i=1}^v i * p_i;$$

за одиницю часу обслуговується у середньому заявок

$$S_{\text{ОБС}} = \mu * \sum_{k=1}^v i * p_k.$$

Середня кількість заявок, що надходять до системи за одиницю часу, визначається як:

$$S_{\text{ПОСТ}} = \lambda * \sum_{s=1}^{\infty} s * F_s$$

Загальна ймовірність відмови від обслуговування $P_{\text{відк}}$ визначається з виразу:

$$P_{\text{відк}} = 1 - \left(\frac{S_{\text{ОБС}}}{S_{\text{ПОСТ}}} \right) = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^v i * p_i}{a_{\text{груп}} \sum_{s=1}^{\infty} s * F_s} \right) \quad (2.14)$$

Для спрощення системи (2.11) позначимо величиною $a_{\text{груп}} = \lambda / \mu$ - інтенсивність навантаження, що надходить на пучок каналів V .

Тоді отримаємо

$$p_1 = \alpha_{\text{груп}} * p_0;$$

$$p_{i+1} = \left(\frac{\alpha_{\text{груп}} + i}{i+1}\right) * p_i - \left(\frac{\alpha_{\text{груп}}}{i+1}\right) \sum_{s=1}^i F_s * P_{i-s}, i < v;$$

.....

$$p_v = \frac{\alpha_{\text{груп}}}{v} \sum_{k=1}^v P_{v-k} \sum_{s=k}^i F_s.$$

нормуючу умову визначення P_0 запишемо як $\sum_{i=0}^v p_i = 1$.

Розглянемо характеристики, що відповідають запропонованій моделі.

Відповідно до прийнятої моделі будемо враховувати, що існують три потоки викликів з різними інтенсивностями:

- інтенсивність напівдуплексу $\lambda_{\text{пів-дуп}}$;
- інтенсивність дуплексу $\lambda_{\text{дуп}}$;
- інтенсивність мультимедіа $\lambda_{\text{мульт}}$.

Щільність групового надходження може бути обчислена як сума інтенсивності всіх потоків групових заявок і дорівнює:

$$\tilde{\lambda} = \lambda_{\text{пів-дуп}} + \lambda_{\text{дуп}} + \lambda_{\text{мульт}}.$$

Величина $F_{\text{пів-дуп}}$ (деяка ймовірність, з якою активний абонент вимагає один канал для обслуговування) визначається як $F_{\text{пів-дуп}} = \frac{\lambda_{\text{пів-дуп}}}{\tilde{\lambda}}$

Величина $F_{\text{дуп}}$ (деяка ймовірність, з якою активний абонент вимагає два каналу для обслуговування) визначається як $F_{\text{дуп}} = \frac{\lambda_{\text{дуп}}}{\tilde{\lambda}}$

Величина $F_{\text{мульт}}$ (деяка ймовірність, з якої активний абонент вимагає групу

Інтенсивність обслуговування виклику напівдуплексу складає

$\mu_{\text{пів-дуп}} = 1/t_{\text{пів-дуп}}$, де $t_{\text{пів-дуп}}$ - тривалість заняття одного каналу для обслуговування виклику.

Інтенсивність обслуговування виклику дуплексу складає

$\mu_{\text{дуп}} = 1/t_{\text{дуп}}$, де $t_{\text{дуп}}$ - тривалість заняття двох каналів для обслуговування виклику напівдуплексу. Аналогічно для мультимедіа $\mu_{\text{мульт}} = 1/t_{\text{мульт}}$.

У моделі використовується усереднене значення

$$\mu_{\text{усеред}} = 1/(F_{\text{пів-дуп}} * t_{\text{пів-дуп}} + F_{\text{дуп}} * t_{\text{дуп}} + F_{\text{мульти}} * t_{\text{мульти}}). \quad (2.16)$$

Ймовірність відмови у напівдуплексному режимі відповідає зайнятості всіх радіоканалів

$$p_{\text{відк(пів-дупл)}} = p_v = \frac{\lambda}{\nu\mu} \sum_{k=1}^v P_{v-k} \sum_{s=k}^i F_s \quad (2.17)$$

Величиною $p_{\text{відк(дупл)}}$ позначимо ймовірність відмови виклику в дуплексному режимі, вона дорівнює:

$$p_{\text{відк(дупл)}} = p_v + p_{v-1}. \quad (2.18)$$

Позначимо величиною r ($r > 1$) число каналів трафіку обслуговування викликів мультимедіа (для нашого випадку припустимо $r = 4, 8, 16$).

$$p_{\text{відк(мульти)}} r > 1 = \sum_{j=0}^r P_{v-1}. \quad (2.19)$$

Середнє значення ймовірності відмови у системі обчислюється за такою формулою:

$$p_{\text{відк(сер)}} = F_1 * p_{\text{відк(пів-дупл)}} + F_2 * p_{\text{відк(дупл)}} + F_r * p_{\text{відк(мульти)}} \quad (2.20)$$

Формула $p_{\text{відк(сер)}}$ (середовищ) еквівалентна формулі $p_{\text{відк}}$.

Розглянемо варіант використання радіо-інтерфейсу з виділенням одного, двох чи восьми каналів трафіку. Справедливі співвідношення

$$F_1 > F_2 > F_8, F_1 + F_2 + F_8 = 1 \text{ і } F_i = 0 \text{ за умови } i \neq 1, i \neq 2, i \neq 8.$$

Для аналізованої ситуації система рівнянь рівноваги (2.13) набуває наступного вигляду:

$$\begin{aligned} P_1 &= \alpha_{\text{груп}} * p_0; \\ P_2 &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}} + 1}{2} \right\} * P_1 - \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}}{i+1} [F_1 P_0] \right\}, \\ P_3 &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}} + 2}{3} \right\} * P_2 - \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}}{3} [F_1 P_1 + F_2 P_0] \right\}, \\ P_{i+1} &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}} + i}{i+1} \right\} * P_i - \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}}{i+1} [F_1 P_{i-1} + F_2 P_{i-2}] \right\}, \quad 3 \leq i \leq 7, \\ P_9 &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}} + i}{i+1} \right\} * P_i - \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}}{i+1} [F_1 P_7 + F_2 P_6 + F_8 P_0] \right\}, \\ P_{i+1} &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}} + i}{i+1} \right\} * P_i - \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}}{i+1} [F_1 P_{i-7} + F_2 P_{i-2} + F_8 P_{i-8}] \right\}, \quad 8 \leq i < V, \end{aligned} \quad (2.21)$$

$$P_v = \left(\frac{\alpha_{\text{груп}}}{\nu} \right) \left\{ P_{v-1} + F_2 [P_{v-2}] + P_8 \sum_{s=2}^8 P_s \right\}$$

Розрахунок ймовірностей відмовивши у обслуговуванні виклику в напівдуплексному та дуплексному режимах проводився за формулами (2.15, 2.16).

Для оцінки ймовірності відмови мультимедійного виклику, формула (2.19) набуває такого вигляду:

$$p_{\text{відк(мульт)}} r=8 = \sum_{j=0}^8 p_{v-j}. \quad (2.22)$$

Загальна ймовірність відмови в обслуговуванні визначається за формулою (2.14) після ряду перетворення:

$$p_{\text{відк}} = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^v i \cdot p_i}{\alpha_{\text{груп}}(F_1 + 2F_2 + 8F_8)} \right). \quad (2.23)$$

Окремим випадком каналних ресурсів у системі є виділення кожному за режиму певного числа каналів. Виділяється пучок радіоканалів ємністю ($V_{\text{напів-дуп}}$) для обслуговування викликів потоку в режимі напівдуплексу, пучок радіоканалів ємністю ($V_{\text{дуп}}$) для обслуговування викликів потоку в режимі дуплексу та радіоканалів ємністю ($V_{\text{мульт}}$) для обслуговування викликів потоку для передачі мультимедіа. Справедлива рівність

$$V_{\text{загал}} = V_{\text{напів-дуп}} + V_{\text{дуп}} + V_{\text{мульт}}. \quad (2.24)$$

Для оцінки якості обслуговування в пучках дуплексу та мультимедіа використовується система рівнянь (2.13), а для напівдуплексу – програма розрахунку за першою формулою Ерланга.

Припустимо, що загальний ресурс радіоканалів трафіку з ємністю $V_{\text{загал}}$. Виділяється пучок радіоканалів обслуговування мультимедіа ємністю $V_{\text{мульт}}$. Справедлива рівність $V = V_{\text{загал}} - V_{\text{мульт}}$, де V - залишок каналів для обслуговування викликів дуплексу та напівдуплексу

При виділенні каналів для мультимедіа, ймовірність втрат за викликами для напівдуплексу та дуплексу може розраховуватися за формулами (2.17, 2.18).

Для даного випадку справедливі співвідношення

$$F_{\text{напів-дуп}} > F_{\text{дуп}}, F_{\text{напів-дуп}} + F_{\text{дуп}} = 1, F_s = 0 \text{ за умови } s \neq 1, s \neq 2,$$

для спрощення позначимо $F_{\text{напів-дуп}} = F_1$ і $F_{\text{дуп}} = F_2$

Система рівнянь для даного випадку перетворюється і набуває вигляду:

$$\begin{aligned}
P_1 &= \alpha_{\text{груп}} * P_0; \\
P_2 &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}+1}{2} \right\} * P_1 - \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}}{i+1} [F_1 P_0] \right\}; \\
P_3 &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}+2}{3} \right\} * P_2 - \left\{ \frac{\alpha}{i+1} [F_1 P_1 + F_2 P_0] \right\}; \\
P_{i+1} &= \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}+i}{i+1} \right\} * P_i - \left\{ \frac{\alpha_{\text{груп}}}{i+1} [F_1 P_{i-1} + F_2 P_{i-2}] \right\}, 3 \leq i \leq V; \\
&\dots\dots\dots \\
P_v &= \left(\frac{\alpha_{\text{груп}}}{v} \right) \{P_{v-1} + F_2 P_{v-2}\}
\end{aligned} \tag{2.25}$$

Рішення систем (2.15) та (2.21) було отримано шляхом розробки програми. Для системи рівняння (2.21) отримані рішення системи та ймовірності всіх станів системи, за формулами (2.17) та (2.18) обчислювалися ймовірності відмови в обслуговування для напівдуплексу та дуплексу.

Було прийнято наступний алгоритм розрахунку.

Крок 1 Задаємо початкове випадкове значення для P_0 щодо цього значення проводиться розрахунок для отримання інших ймовірностей в системі, починаючи від P_1 і закінчуючи P_v

Крок 2 Для обчислення значення інших ймовірностей використовувалися формули системи (2.15) або (2.22) залежно від завдання, що розв'язується.

Крок 3 Проводиться перевірка на виконання нормуючих умов. Якщо умова виконується, то розрахунок закінчено та рішення системи отримано. Якщо виконується нормуюче умова, то змінюється початкове значення P_0 . Зміна P_0 здійснюється в межах малої величини. Цикл обчислення повторюється і закінчується тільки тоді, коли а умови виконуються.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Для дослідження системи екстрених служб використовується метод декомпозиції теорії телетрафіку, що передбачає розбиття системи на окремі елементи. Розрахунок характеристик досліджуваної системи складає основі відповідних характеристик її елементів – центрів обслуговування викликів.

2. Метод RDA дозволяє оцінити характеристики потоку надлишкового трафіку на виході ЦОВ-НС, і порівнювати варіанти його розподілу між ЦОВ, об'єднаних у систему екстрених служб.

3. Розроблені математичні моделі функціонування центрів обслуговування викликів, що об'єднуються в систему екстрених служб, та написані програми для вирішення систем рівнянь на ЕОМ, дозволили:

дати порівняльну оцінку ефективності різних варіантів побудови системи екстрених служб;

оцінити вплив методів розподілу надлишкового трафіку;

оцінити вплив оперативного резерву, що виділяється у центрах обслуговування викликів, на якість функціонування системи загалом та у зоні відповідальності конкретного ЦОВ.

4. Радіо-інтерфейс цифрової системи TETRA розглядається як СМО, входи якої надходить груповий потік із випадковим складом заявок. Розроблена математична модель дозволяє оцінити вплив режимів передачі інформації (напівдуплекс, дуплекс, мультимедіа) на пропускну здатність радіо-інтерфейс базової станції.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ДО ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕКСТРЕНИХ ВИКЛИКІВ

Метою подальших досліджень є виявлення найбільш перспективного та ефективного варіанта організації обслуговування надлишкового трафіку, який дозволить забезпечити гарну якість обслуговування викликів та зменшити вплив перевантажень у режимі НС. Актуальним науковим завданням є визначення величини оперативного резерву задля збереження досить високої якості обслуговування мешканців населених пунктів поза зоною НС.

За результатами звернень громадян необхідно організувати ліквідацію наслідків НС силами спеціальних екстрених служб, забезпечуючи між ними взаємодію за допомогою засобів професійного радіотелефонного зв'язку. Перспективне застосування абонентських пристроїв, базових станцій та ретрансляторів (у тому числі на базі безпілотних літальних апаратів) цифрового стандарту TETRA, які дозволяють передавати трафік у режимі напівдуплексу, дуплексу, забезпечуючи також мультимедійний зв'язок на значних відстанях.

Актуальним науковим завданням є оцінка показників якості зв'язку в системі зв'язку стандарту TETRA з урахуванням сукупності факторів, таких як: - кількість доступних каналів радіо-інтерфейсу; частка викликів із різним режимом обслуговування у загальному потоці трафіку.

3.1 Дослідження можливостей оперативного керування трафіком у системі екстрених служб

Перспективний варіант організації взаємодопомоги може передбачати комбінацію методів керування трафіком, описаних у розділі 1. Приклад спільного використання методів ORR та COR представлений рисунку 1.4 стор.22. Розглянутий варіант організації взаємодопомоги з використанням методів оперативного керування ORR і COR відрізняється тим, що дозволяє регулювати надлишковий трафік, спрямовуючи його в операторські служби системи ЦОВ з урахуванням сукупності факторів. А саме, розподільник

надлишкового навантаження може розподіляти виклики псевдовипадковим чином з урахуванням ємності ЦОВ, на які може спрямовуватись надлишковий трафік. Формування об'єднаного ресурсу операторів передбачає можливість перенаправлення надлишкових викликів від одного ЦОВ до іншого ланцюжком маршрутизації [13].

В останньому ЦОВ ланцюжка взаємодопомоги передбачено направлення необслуговуваних надлишкових викликів на Інтерактивне Голосове Меню (IVR). Голосові повідомлення IVR мають бути розроблені разом із психологами зниження панічного моменту. Зокрема, можливе отримання абонентами рекомендації щодо використання номерів прямого зв'язку з такими службами, як пожежники, поліція, швидка допомога та служба газу. Це допомагає знизити навантаження на Систему «112», переносючи попередню обробку частини трафіку до рівня ДДС.

Перевагами цього варіанта є:

- простота реалізації, і навіть можливість існування зв'язків між ЦОВ системи постійної основи (у режимі НС);
- можливість попередньої оцінки роботи системи з урахуванням ємності операторських систем ЦОВ та передбачуваного зростання трафіку в режимі НС.

Є недоліки, викликані тим, що з підвищення ефективності взаємодопомоги слід виконувати низку вимог:

- оскільки надзвичайна ситуація можлива у зоні обслуговування будь-якої ОДРС, мають бути складені докладні матриці маршрутизації;
- пропускну спроможність транспортного рівня слід визначати із запасом, корельованим з очікуваною величиною $A_{НС}$ та матрицею маршрутизації.

При формуванні ланцюжка маршрутизації необхідно враховувати особливості організації взаємодопомоги, а саме - послідовний характер передачі надлишкових викликів між ЦОВ ланцюжка. Потрібно зменшити кількість внутрішніх пересилок дзвінків у системі, а також мінімізувати можливість передачі екстрених дзвінків на IVR для зменшення потоку повторних дзвінків.

На основі розробленої програми, представленої в Додатку 3, проводився розрахунок для наступних варіантів:

- ланцюжок взаємодопомоги поєднує кілька ЦОВ однакової ємності (поняття
- «ємність» у разі характеризує V_j - число операторів в операторській системі конкретного ЦОВ);
- формування ланцюжка взаємодопомоги виконується в порядку зменшення ємності V_j , тобто в початок ланцюжка включаються ЦОВ більшої ємності;
- формування ланцюжка взаємодопомоги виконується в порядку зростання ємності V_j , тобто на початок ланцюжка включаються ЦОВ меншої ємності.

Для проведення порівняльного аналізу було виконано розрахунок для варіанту, представленого на рисунку 3.1, що виключає пересилання надлишкового трафіку між ЦОВ системи, а також для варіанта, що передбачає формування ланцюжка взаємодопомоги між ЦОВ, представленого на рисунку 1.4 стор.22. Передбачалося, що це ЦОВ мають однакову ємність. Результати розрахунків представлені у таблиці 3.1.

Порівнюючи отримані результати, можна зробити попередній висновок - об'єднання в ланцюжок взаємодопомоги однакових за ємністю операторських систем ЦОВ не дає позитивного ефекту. Наприклад, при надмірному трафіку в зоні НС $A_{нс} = 60$ Ерл і середньому значенні трафіку НС у зоні обслуговування j - го ЦОВ $A_j = 10$ Ерл отримуємо без ланцюжка взаємодопомоги $P_{ivrj} = 0.002171$, і за наявності ланцюга окуляри взаємодопомоги $P_{ivr} \text{ післ} = 0.002197$. Аналогічно – за іншими розглянутими значеннями.

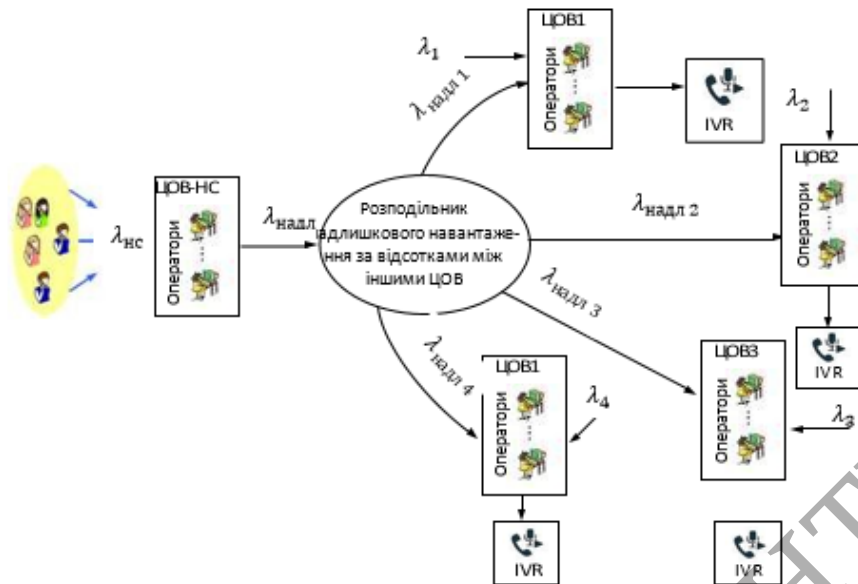


Рисунок 3.1 – Варіант організації розподіленої системи взаємодопомоги для обслуговування екстрених викликів

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку направлені на систему IVR конкретного ЦОВ P_{ivrj}

Відсутність взаємодопомоги				Наявність ланцюжка взаємодопомоги			
$A_j = 10$ Ерл		$A_j = 18$ Ерл		$A_j = 10$ Ерл		$A_j = 18$ Ерл	
$A_{нс}$ Ерл	P_{ivrj}	$A_{нс}$ Ерл	P_{ivrj}	$A_{нс}$ Ерл	P_{ivrj} післ	$A_{нс}$ Ерл	P_{ivrj} післ
50	0.002998	50	0,0325208	50	0.000300	50	0,034452
60	0.002171	60	0,0625965	60	0.002197	60	0,070586
70	0.009227	70	0,1010161	70	0.009686	70	0,122166
80	0.025999	80	0,1437527	80	0.029523	80	0,184581
90	0.054198	90	0,1874600	90	0.068852	90	0,250797
100	0.091576	100	0,2300102	100	0.129663	100	0,314860

Результати розрахунків системи взаємодопомоги, що об'єднує центри обслуговування екстрених викликів різної ємності, наведено в таблицях 3.2-3.4. Введено та використано такі позначення [12, 13]:

$P_{\text{передачі}} \text{ ЦОВ1} \rightarrow 2$ – ймовірність передачі надлишкових викликів із ЦОВ1 до ЦОВ2;

$P_{ivr \downarrow \text{післ}}$ - ймовірність направлення екстрених викликів на обслуговування в IVR останнього в ланцюжку ЦОВ, якщо ланцюжок вибудовується в порядку зменшення ємності операторських систем;

$P_{ivr\uparrow\text{післ}}$ – можливість направлення екстрених викликів на обслуговування в IVR останнього в ланцюжку ЦОВ, якщо ланцюжок вибудовується в порядку зростання ємності операторських систем.

Для порівняння виконано розрахунок системи, представленої на рисунку 3.1., в якій розподіл надлишкового трафіку проводиться між ЦОВ j пропорційно їх ємності (взаємодопомоги між ЦОВ немає). Введено та використано такі позначення:

P_{ivrj} - можливість направлення екстрених викликів на обслуговування в інтерактивне голосове меню j -ого ЦОВ системи;

$P_{ivr\text{ ср}}$ - середня за системою ймовірність направлення екстрених викликів на обслуговування в IVR одного з ЦОВ системи (відсутність ланцюжка взаємодопомоги), яка визначається як

$$P_{ivr\text{ ср}} = \sum_{j=1}^W k_i * P_{ivrj}, \quad (3.1)$$

k_i - частка надлишкових викликів, що направляються від ЦОВ-ЧС до ЦОВ j

$$k_i = V_i / \sum_{j=1}^W V_i$$

Представимо отримані у таблицях 3.2 - 3.4 результати рисунку 3.2

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку $P_{ivr\downarrow\text{післ}}$ (ланцюжок маршрутизації сформовано в порядку зменшення ємності операторських служб) [13]

Вихідні дані: $V_{\text{нс}} = 30; W = 4; V_1 = 40; V_2 = 36; V_3 = 30; V_4 = 24$				
$A_{\text{нс}}, \text{Ерл}$	$P_{\text{передачи}}$ ЦОВ1 → 2	$P_{\text{передачи}}$ ЦОВ2 → 3	$P_{\text{передачи}}$ ЦОВ3 → 4	$P_{ivr\downarrow\text{післ}}$
$A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 10 \text{ Ерл}$				
50	4,4059*E ⁻⁰⁷	5.8180*E ⁻⁰⁶	0.000200	0.004093
60	1.673*E ⁻⁰⁵	0.000109	0.001413	0.012637
70	0.000258	0.000983	0.006159	0.029920
80	0.001955	0.005068	0.018548	0.058406
$A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 15 \text{ Ерл}$				
50	0.000115	0.000746	0.008061	0.048922
60	0.00104	0.00398	0.021847	0.081847
70	0.005332	0.013939	0.046755	0.124151

80	0.017393	0.035660	0.084553	0.174896
$A_1 = 24$ Ерл; $A_2 = 21.6$ Ерл; $A_3 = 18$ Ерл; $A_4 = 14.4$ Ерл				
50	0,017263	0,021742	0,029679	0,041609
60	0,039361	0,048571	0,060061	0,075697
70	0,071482	0,089546	0,104827	0,122999
80	0,112250	0,141642	0,161631	0,181313

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку $P_{ivr\uparrow}$ після (ланцюжок маршрутизації сформовано у порядку зростання ємності операторських служб) [13]

Вихідні дані: $V_{нс} = 30$; $W = 4$; $V_1 = 24$; $V_2 = 30$; $V_3 = 36$; $V_4 = 40$				
$A_{нс}$, Ерл	$P_{\text{передачи}}$ ЦОВ1 \rightarrow 2	$P_{\text{передачи}}$ ЦОВ2 \rightarrow 3	$P_{\text{передачи}}$ ЦОВ3 \rightarrow 4	$P_{ivr\uparrow}$ після
$A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 10$ Ерл				
50	0.004091	0.000204	$5.825 \cdot E^{-06}$	$4,406 \cdot E^{-07}$
60	0.012567	0.001490	0.000109	$1.674 \cdot E^{-05}$
70	0.029240	0.006900	0.001026	0.000260
80	0.054841	0.021994	0.005670	0.002045
$A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 15$ Ерл				
50	0.048316	0.008857	0.000769	0.000116
60	0.078903	0.025427	0.004353	0.001064
70	0,114952	0,056032	0,0165255	0.005803
80	0,153683	0,099985	0,0446540	0.0211796
$A_1 = 14.4$ Ерл; $A_2 = 18$ Ерл; $A_3 = 21.6$ Ерл; $A_4 = 24$ Ерл				
50	0,039570	0,029948	0,021984	0,018005
60	0,067923	0,0596643	0,0491394	0,043315
70	0,102610	0,100820	0,0902685	0,083940
80	0,140807	0,149797	0,1421396	0,137266

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку будуть спрямовані на IVR різних ЦОВ P_{ivrj} та середнього значення $P_{ivr\text{ ср}}$.

Вихідні дані: $V_{\text{НС}} = 30; W = 4; V_1 = 24; V_2 = 30; V_3 = 36; V_4 = 40$					
$A_{\text{НС}}, \text{Ерл}$	P_{ivr1}	P_{ivr2}	P_{ivr3}	P_{ivr4}	$P_{ivr\text{ ср}}$
$A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 10 \text{ Ерл}$					
50	0.004091	0.000200	$5.8179 \cdot 10^{-6}$	$4.4059 \cdot 10^{-7}$	0.000803
60	0.012567	0.001412	0.000108	$1.673 \cdot 10^{-5}$	0.002681
70	0.029240	0.006121	0.000981	0.000257	0.007161
80	0.054841	0.018029	0.004991	0.001955	0.016272
$A_1 = A_2 = A_3 = A_4 = 15 \text{ Ерл}$					
50	0.048316	0.008043	0.000746	0.000115	0.011018
60	0.078902	0.021569	0.003956	0.001040	0.020959
70	0,114952	0,044801	0,013588	0,005332	0,036964
80	0,153683	0,0767039	0,033148	0,0173932	0,060604
$A_1 = 14,4 \text{ Ерл}; A_2 = 18 \text{ Ерл}; A_3 = 21,6 \text{ Ерл}; A_4 = 24 \text{ Ерл}$					
50	0,039570	0,028433	0,020951	0,017265	0,024980
60	0,067923	0,054331	0,044516	0,039361	0,049516
70	0,102610	0,0881263	0,077321	0,071482	0,082687
80	0,140807	0,126665	0,116021	0,112250	0,121270

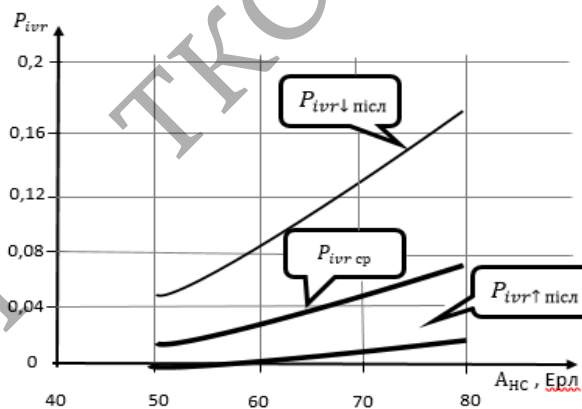


Рисунок 3.2 – Залежність ймовірності направлення екстрених викликів на IVR від величини $A_{\text{НС}}$ при $A_j = 15 \text{ Ерл}$

Аналізуючи отримані залежності можна зробити висновки:

- при включенні ЦОВ різної ємності в систему взаємодопомоги важливе значення має послідовність розміщення ЦОВ у ланцюжку маршрутизації:
- при розміщенні ЦОВ у порядку зменшення ємності операторських

підсистем ймовірність направлення екстрених викликів на IVR буде найбільшою порівняно з іншими варіантами. Причому саме останні в ланцюжку ЦОВ малої ємності найбільш негативно впливатимуть на величину $P_{ivr\uparrow\text{післ}}$;

- при розміщенні ЦОВ у порядку зростання ємності операторських підсистем ймовірність направлення екстрених викликів на IVR істотно знижується в порівнянні з іншими варіантами, але має місце швидке зростання $P_{ivr\uparrow\text{післ}}$ збільшення $A_{\text{НС}}$;

- при розгортанні ЦЗВ з урахуванням очікуваного середнього рівня інтенсивності екстреного трафіку, властивого конкретній зоні обслуговування A_j , вибір ємності ЦЗВ V_j може проводитися з урахуванням середнього завантаження операторів. Розрахунки, проведені для значень $A_j \approx 0,6 V_j$ показали, що перспективне використання більш простого в реалізації варіанта – без додаткової маршрутизації надлишкового трафіку між ЦОВ, обмежившись напрямком надлишкового трафіку із зони НС, що розподіляється пропорційно до ємності операторських систем V_j .

3.2 Оцінка потенційної стійкості системи екстрених служб до перевантажень з урахуванням можливості виключення ЦЗВ з ланцюжка маршрутизації

Метод надмірного перенаправлення трафіку (ORR) у системі екстрених викликів передбачає можливість перерозподілу трафіку при виході з ладу або недоступності конкретного ЦОВ системи. Цю подію можна прогнозувати за величиною часу напрацювання до відмови. Якщо така подія настане, перерозподіл трафіку виконується на деякий тривалий час. Із загального ланцюжка маршрутизації системи взаємодопомоги можуть виключатися кілька ЦОВ одночасно, при цьому пропускна здатність системи знижуватиметься.

На рисунку 3.3 представлений приклад реалізації перенаправлення викликів, якщо спочатку надмірні виклики від ЦОВ-НС розподілялися між чотирма ЦОВ ($W=4$), та був – між трьома ЦОВ ($W=3$) [43]. А саме, в даному

випадку надлишковий трафік від ЦОВ-НС, який раніше направлявся до ЦОВ2, буде перенаправлений і розподілений між ЦОВ1, ЦОВ3 і ЦОВ4.

Введемо поняття «коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень» h , визначаючи його за формулою

$$h = A_{НСдоп}/A_j. (3.2)$$

У таблицях 3.5 та 3.6 представлені результати розрахунку коефіцієнта потенційної стійкості до перевантажень h в залежності від кількості ЦОВ системи екстрених викликів, які будуть недоступні для надмірного трафіку

$$w = 0, \dots, (W - 1).$$

Розрахунок виконувався для $W = 4$, при фіксованому числі операторів у кожному центрі V_j та виконанні умови $P_{ЦОВ}$ системи $\leq 0,001$ та $P_{ЦОВ}$ системи $\leq 0,01$, відповідно.

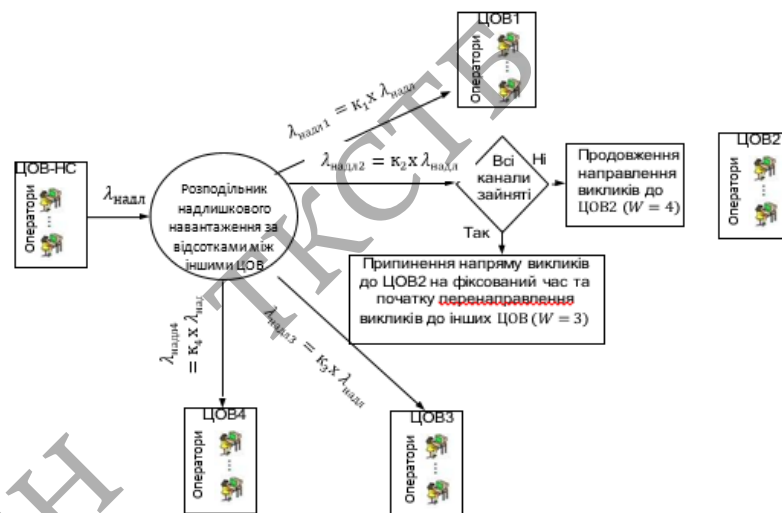


Рисунок 3.3 – Приклад реалізації перенаправлення викликів

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку для надлишкового трафіку w , при $A_j = 10$ Ерл, якщо $P_{ЦОВ}$ системи $\leq 0,001$

Число операторів V_j	Коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень h			
	$w=0$	$w=1$	$w=2$	$w=3$
24	3,09	2,83	2,54	2,19
30	5,57	4,87	4,15	3,37
36	8,04	6,88	5,71	4,48
40	9,71	8,24	6,76	5,22

Таблиця 3.6. – Результати розрахунку для надлишкового трафіку w , при $A_j = 10$ Ерл, якщо $P_{\text{ЦОВ системи}} \leq 0,01$

Число операторів V_j	Коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень h			
	$\square = 0$	$\square = 1$	$\square = 2$	$\square = 3$
20	2,63	2,39	2,13	1,81
24	4,42	3,86	3,28	2,65
30	7,06	6,00	4,94	3,81
36	9,75	8,18	6,59	4,96
40	11,55	9,63	7,70	5,72

Залежність коефіцієнта h від показника w представлені на рисунку 3.4. Нагоди ресурсів всіх чотирьох ЦОВ відповідають значення, отримані для $w = 0$. При виході з ладу або тимчасової недоступності одного з чотирьох ЦОВ, коли $w = 1$, при числі операторів у кожному ЦОВ $V_j = 40$, отримуємо зниження потенційної стійкості в ЦОВ НС на 17%. При виході з ладу або тимчасової недоступності двох із чотирьох ЦОВ, коли $w = 2$, отримуємо зниження потенційної стійкості в ЦОВ НС на 30%, а при $w = 3$ - зниження на 50%.

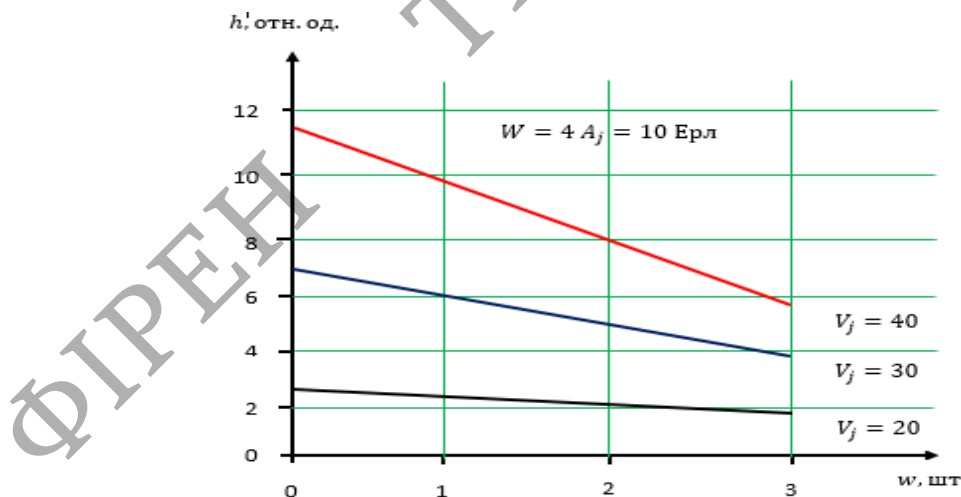


Рисунок 3.4 – Залежність коефіцієнта потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень h від кількості ЦОВ у системі, недоступних для надлишкового трафіку w , при $P_{\text{ЦОВ системи}} \leq 0,01$

Таким чином, збільшення кількості ЦОВ системи, недоступних для надлишкового трафіку ЦОВ НС, істотно знижує коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень h .

Як впливає із залежностей рисунку 3.4. великі центри обслуговування викликів більшою мірою схильні до зниження потенційної стійкості при зменшенні кількості доступних ЦОВ, хоча й мають більшу стійкість до перевантажень в НС.

3.3 Порівняльний аналіз та дослідження перспективних варіантів організації обслуговування викликів у системі екстрених служб

3.3.1 Дослідження варіанта об'єднання ресурсів кількох центрів обслуговування екстрених викликів

Використання методів оперативного керування потоками трафіку, можливості яких описані в розділі 2, дозволяє проводити розподіл надлишкового для ЦОВ-НС трафіку між рештою ЦОВ системи з урахуванням такої сукупності факторів як:

- число робочих місць операторів у кожному із ЦОВ системи;
- загальна кількість центрів обслуговування викликів, куди маршрутизується надлишковий трафік від ЦОВ-НС;
- необхідність перерозподілу трафіку при відмові або навантаженні конкретного ЦОВ системи.

Розглянемо варіант організації розподіленої системи взаємодопомоги між ОДРС. Як приклад на рисунку 3.1 показано функціональну схему зв'язку ЦОВ-ЧС з чотирма ЦОВ у системі ($W = 4$).

У таблиці 3.7. представлені результати розрахунку допустимої інтенсивності навантаження АЧС додаткові, проведені із застосуванням методу RDA для наступних значень:

- число ЦОВ, доступних для трафіку ЦОВ-НС, змінювалося від $W = 1$ до $W = 6$; допустима ймовірність втрат за викликами в системі встановлювалася $P_{\text{ЦОВ системи}} \leq 0,01$; число робочих місць операторів у всіх ЦОВ системи приймалося однаковим V_j , що дозволяє прийняти рівність $P_{\text{ЦОВ системи}} = P_{\text{ЦОВ}j}$
- Можна зробити попередній висновок про те, що величина $A_{\text{НС доп}}$ прямо

пропорційно залежить як від числа операторів ЦОВ, так і від числа ЦОВ, що використовуються для підвищення пропускної здатності в режимі НС.

Результати розрахунку коефіцієнта h представлені таблиці 3.8

Аналогічні розрахунки величини $A_{НС\ доп}$ та коефіцієнта потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень h в залежності від числа операторів у ЦОВ V_j , виконані для $P_{ЦОВ\ системи} \leq 0,001$, представлені в таблицях 3.9 і 3.10.

Проаналізуємо отримані результати, представивши їх графічно рисунку 3.5. Можна зробити попередні висновки:

- ступінь впливу величини W на коефіцієнт h залежить від числа операторів у центрах обслуговування екстрених викликів V_j . Наприклад, при $V_j = 24$ збільшення W від 1 до 6 мало впливає на коефіцієнт h . При $V_j = 40$ при $A_j = 10$ Ерл і $P_{ЦОВ\ системи} \leq 0,001$ збільшення W від 1 до 6 забезпечує зростання коефіцієнта h у 2,4 рази;

- істотний вплив на коефіцієнт h надає співвідношення між V_j та очікуваним середнім значенням інтенсивності трафіку A_j . Наприклад, при об'єднанні в систему взаємодопомоги шести ЦОВ різних ОДРС ($W = 5$) ємністю $V_j = 40$ при $A_j = 10$ Ерл отримуємо коефіцієнт $h = 11,16$, а при $A_j = 20$ Ерл отримуємо $h = 3,03$

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку допустимої інтенсивності навантаження $A_{НС\ доп}$, при якій будуть виконані умови $P_{ЦОВ\ системи} \leq 0,01$

При $A_j = 10$ Ерл $V_{НС} = V_j$					
Число операторів V_j	$A_{НС\ доп}$, Эрл	Число операторов V_j	$A_{НС\ доп}$, Эрл	Число операторов V_j	$A_{НС\ доп}$, Эрл
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
20	18,12	20	21.27	20	23.91
24	26.48	24	32.83	24	38.59
30	38.14	30	49.39	30	60.099
36	49.59	36	65.94	36	81.77
40	57.20	40	77.02	40	96,33
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
20	26,32	20	28.62	20	30.85
24	44,16	24	49.63	24	55.05
30	70,64	30	81.1	30	91.52

Продовження таблиці 3.7

36	97,45	36	113,71	36	120,23
40	115,5	40	134,19	40	113,22
При $A_j = 15$ Ерл $V_{нс} = V_j$					
Число операторів V_j	$A_{нс дод'}$ Эрл	Число операторов V_j	$A_{нс дод'}$ Эрл	Число операторов V_j	$A_{нс дод'}$ Эрл
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
24	12,30	24	17,8	24	18,79
30	31,95	30	38,52	30	44,42
36	43,94	36	55,51	36	66,46
40	51,72	40	66,72	40	81,11
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
24	19,60	24	20,3	24	20,93
30	50,09	30	55,64	30	61,12
36	77,20	36	87,85	36	98,46
40	95,32	40	109,45	40	123,54
При $A_j = 20$ Ерл $V_{нс} = V_j$					
Число операторів V_j	$A_{нс дод'}$ Эрл	Число операторов V_j	$A_{нс дод'}$ Эрл	Число операторов V_j	$A_{нс дод'}$ Эрл
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
30	21,31	30	22,94	30	24,09
36	37,63	36	44,52	36	50,67
40	45,87	40	56,13	40	65,67
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
30	25,02	30	25,82	30	26,54
36	56,57	36	62,32	36	68
40	74,98	40	84,17	40	93,3

Таблиця 3.8 – Результати розрахунку коефіцієнта потенційної стійкості ЦОВ-НС до перевантажень h , якщо виконується умова $P_{ЦОВ системи} \leq 0,01$

При $A_j = 10$ Ерл $V_{нс} = V_j$					
Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторов V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів в V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
20	1,81	20	2,13	20	2,39
24	2,65	24	3,28	24	3,86
30	3,81	30	4,94	30	6,00
36	4,96	36	6,59	36	8,18
40	5,72	40	7,70	40	9,63

$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
20	2,63	20	2,86	20	3,08
24	4,42	24	4,96	24	5,5
30	7,06	30	8,11	30	9,15
36	9,75	36	11,3	36	12,86
40	11,55	40	13,46	40	15,36
При $A_j = 15$ Ерл $V_{нс} = V_j$					
Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
24	1,09	24	1,18	24	1,25
30	2,13	30	2,57	30	2,96
36	2,93	36	3,7	36	4,43
40	3,45	40	4,45	40	5,4
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
24	1,3	24	1,35	24	1,39
30	3,34	30	3,7	30	4,07
36	5,14	36	5,85	36	6,56
40	6,35	40	7,29	40	8,23
При $A_j = 20$ Ерл $V_{нс} = V_j$					
Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	

Продовження таблиці 3.8

30	1,06	30	1,14	30	1,2
36	1,88	36	2,22	36	2,53
40	2,29	40	2,8	40	
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
30	1,25	30	1,29	30	1,32
36	2,82	36	3,11	36	3,4
40	3,75	40	4,2	40	4,66

Таблиця 3.9 – Результати розрахунку допустимої інтенсивності навантаження $A_{НС доп}$, за якої будуть виконані умови $P_{ЦОВ системи} \leq 0,001$

При $A_j = 10$ Ерл					
Число операторів V_j	$A_{НС доп}$, Ерл	Число операторів V_j	$A_{НС доп}$, Ерл	Число операторів V_j	$A_{НС доп}$, Ерл

$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
924	21,9	24	25,4	24	28,31
30	33,73	30	41,55	30	48,74
36	44,86	36	57,18	36	68,89
40	52,21	40	67,63	40	82,46
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
24	30,98	24	33,52	24	35,98
30	55,701	30	62,56	30	69,38
36	80,41	36	91,84	36	103,23
40	97,1	40	111,67	40	126,2
При $A_j = 15$ Ерл					
Число операторів V_j	$A_{нс дод}, Ерл$	Число операторів V_j	$A_{нс дод}, Ерл$	Число операторів V_j	$A_{нс дод}, Ерл$
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
30	25,89	30	29,04	30	31,55
36	38,71	36	46,34	36	53,24
40	46,41	40	57,08	40	67,05
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
30	33,78	30	35,86	30	37,85
36	59,89	36	66,41	36	72,86
40	76,78	40	86,4	40	95,97
При $A_j = 20$ Ерл					
Число операторів V_j	$A_{нс дод}, Ерл$	Число операторів V_j	$A_{нс дод}, Ерл$	Число операторів V_j	$A_{нс дод}, Ерл$
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
36	30,01	36	32,95	36	35,2
40	39,69	40	45,72	40	50,95
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
36	37,14	36	38,92	36	40,59
40	55,87	40	60,63	40	65,3

Таблиця 3.10 – Результати розрахунку коефіцієнта потенційної стійкості ЦОВ-НС до навантажень h , якщо виконується умова $P_{ЦОВ системи} \leq 0,001$

При $A_j = 10$ Ерл					
Число операторів в V_j	Коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів в V_j	Коефіцієнт потенційної стійкості ЦОВ НС до навантаження h
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
24	2,19	24	2,54	24	2,83
30	3,37	30	4,15	30	4,87
36	4,48	36	5,71	36	6,88
40	5,22	40	6,76	40	8,24

$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
24	3,09	24	3,35	24	3,59
30	5,57	30	6,25	30	6,93
36	8,04	36	9,18	36	10,32
40	9,71	40	11,16	40	12,62
При $A_j = 15$ Ерл					
Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
30	1,72	30	1,93	30	2,1
36	2,58	36	3,09	36	3,55
40	3,09	40	3,8	40	4,47
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
30	2,25	30	2,39	30	2,52
36	3,99	36	4,42	36	4,85
40	5,11	40	5,76	40	
При $A_j = 20$ Ерл					
Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів в V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h	Число операторів V_j	Коефіцієнт потенціальної стійкості ЦОВ НС до навантаження h
$W = 1$		$W = 2$		$W = 3$	
36	1,5	36	1,64	36	1,76
40	1,98	40	2,28	40	2,54
$W = 4$		$W = 5$		$W = 6$	
36	1,85	36	1,94	36	2,03
40	2,79	40	3,03	40	3,26

3.3.2 Аналіз особливостей використання додаткового ресурсу центру оперативного реагування для обслуговування екстрених викликів у НС

Науковий інтерес виявляє дослідження перспектив організації та використання ЦОВ оперативного реагування (ЦОВ ОР) як додатковий ресурс для обслуговування надлишкових навантажень, що надходять від інших ЦОВ.

Утворення ЦОВ ОР може бути розглянуто як збільшення пропускної спроможності мережі.

Центри обслуговування дзвінків обслуговують дзвінки від користувачів, що знаходяться на території своєї зони (району) обслуговування. Число операторів ЦОВ задається на етапі проектування [51]. У разі виникнення НС у конкретному районі різко зростає обсяг трафіку. ЦОВ оперативного реагування є інтегрований ділянку мережі, доступний декільком ЦОВ, кожному з яких передбачається можливість перенаправлення надлишкового трафіку в ЦОВ ОР

У сучасних транспортних мережах використовуються волоконно-оптичні кільця об'єднання кількох систем зв'язку (наприклад, систем комутації). Така сполука з використанням кільцевої топології зберігає жорстку схему взаємного підключення систем комутації. Значна частина трафіку йде кільцем транзитом [43].

Розробимо формалізований підхід до опису обслуговування викликів, що враховує особливості реалізації ЦОВ оперативного реагування, з'єднаного коїться з іншими ЦОВ з урахуванням мережі кільцевої структури.

Припустимо, як показано на рисунку 3.5, надлишковий трафік надходить лише від одного ЦОВ - (ЦОВ-ЧС). У цьому випадку відповідно до алгоритму обчислення за методом RDA, описаним раніше, число n дорівнює одиниці. Діючи кроками алгоритму обчислення, можемо знайти число операторів у центрі оперативного реагування V_{op} . З погляду теорії масового обслуговування ЦОВ ВР може розглядатися як повнодоступний пучок каналів зв'язку. Отже, як СМО виду $M/M/V_{op}/V_{op}$, на вхід якої надходять потоки викликів, що виявилися надмірними для основних ЦОВ [43].

Кожен ЦОВ мережі також сприймається як СМО виду $M/M/V_m/V_m$, де m - номер ЦОВ у системі ($m = 1, 2 \dots W$),

$(W + 1)$ – число ЦОВ у системі (з урахуванням ЦО ОР).

На вхід ЦОВ надходить пуассонівський потік з інтенсивністю m (див. рис 3.6).

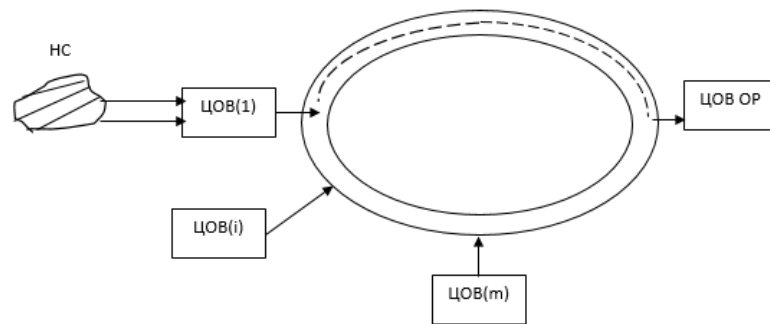


Рисунок 3.5 – Варіант використання волоконно-оптичних кілець для підключення кількох ЦОУ до ЦОУ оперативного реагування

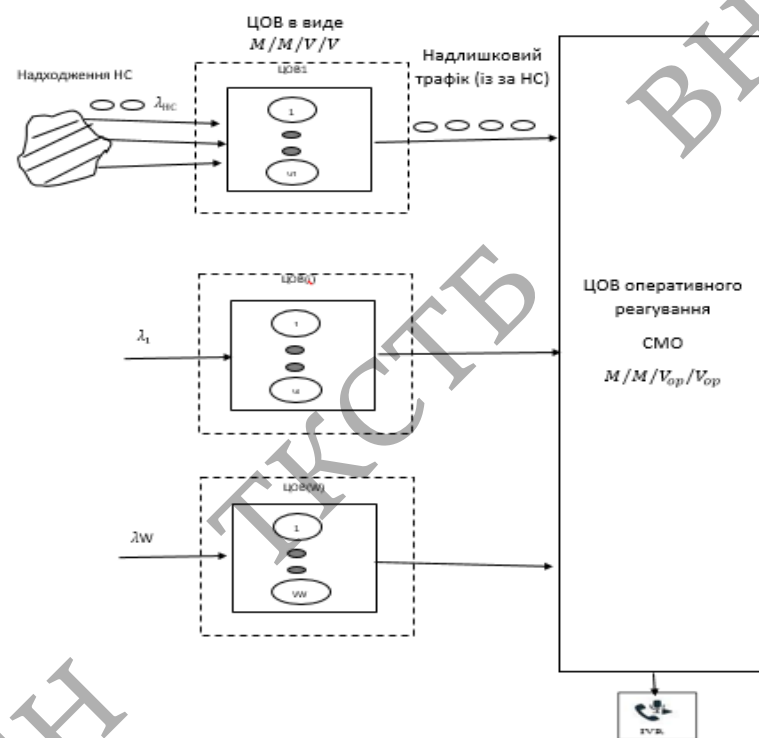


Рисунок 3.6 – Математична модель функціонування ЦОВ оперативного реагування, що поєднує ЦОВ системи

На рисунку 3.7 представлений варіант підвищення пропускної спроможності системи екстрених викликів, що передбачає організацію виділеного ЦОВ оперативного реагування (ЦОВ ОР), на який можуть спрямовуватися надлишкові виклики від центрів обслуговування викликів різних ОДРС в режимі НС. Перспективність і можливість використання ЦОВ ОР відбито у низці документів МСЕ-Т і уряду РФ. Метою організації ЦОВ ОР є прийом з мінімальними відмовами екстрених викликів, і попередня обробка

інформації, що надходить у разі виникнення НС в одному або в декількох районах. Тобто йдеться про організацію взаємодії ЄДДР різних районів (верхній рівень керування) [13, 14, 40, 42].

Позначимо загальне число ЦОВ у системі $Q, s = 1, 2 \dots Q$. Додається виділений ЦОВ ОР, який сприймається як додатковий ресурс. Для проведення розрахунків використовувався метод RDA та математична модель системи обслуговування екстрених викликів, описані в розділі 2. Розрахунок проводився із залучення спеціально розробленої програми розрахунків, лістинг якої подано у Додатку 4.

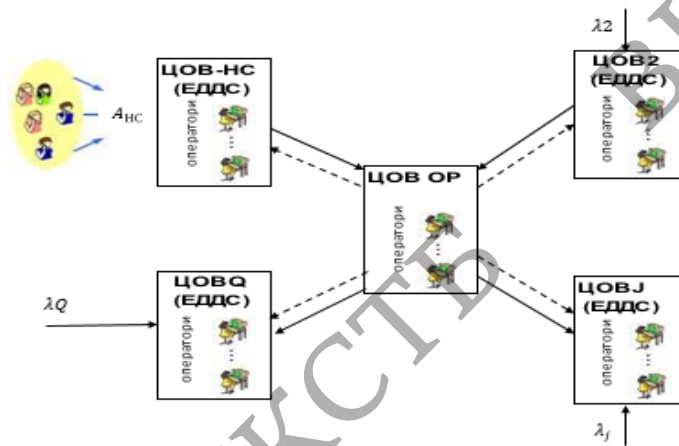


Рисунок 3.7 – Варіант реалізації ЦОВ оперативного реагування (суцільні лінії – шляхи проходження заявок на обслуговування, пунктирні лінії.– шляхи повернення оформлених електронних заявок)

У таблиці 3.11 представлені результати розрахунку необхідного числа робочих місць операторів $V_{\text{необх ЦОВ ОР}}$, отримані для заданих вимог щодо втрат викликів, а саме для $P_{\text{ЦОВ ОР}} \leq 0,001$ і $P_{\text{ЦОВ ОР}} \leq 0,01$, де $P_{\text{ЦОВ ОР}}$ -допустима ймовірність втрат за викликами в ЦОВ. Передбачалося, що середньостатистичний рівень трафіку в районах становить 10 Ерл. Фактично розглянуто випадок восьмиразового зростання трафіку зростання в районі НС.

Таблиця 3.11 – Результати розрахунку необхідної кількості робочих місць операторів в ЦОВ ВР ($V_{\text{необх ЦОВ ОР}}$) при виникненні НС в одному районі [43]

Число каналів у ЦОВ (V_j) = 20						
Навантаження, що надходить в ЦОВ-НС, $A_{\text{НС}}$, Ерл	Сумарне надлишкове навантаження, R	Сумарне розсіювання надмірного навантаження, D	$A_{\text{екв}}$	$N_{\text{екв}}$	$V_{\text{необ ЦОВ ОР}}$ РЦОВ ОР□ 0,001	$V_{\text{необ ЦОВ ОР}}$ РЦОВ ОР□ 0,01
20	3,178	5.114	20	20	18	14
30	11,402	12,363	30	20	29	24
40	20,852	15.488	40	20	41	35
50	30,605	16,927	50	20	53	46
60	40,467	17.708	60	20	64	56
80	60,320	18.505	80	20	87	78

У таблиці 3.12 представлені результати розрахунку необхідної кількості робочих місць операторів $V_{\text{необх ЦОВ ОР}}$, отримані для $P_{\text{ЦОВ ОР}} \leq 0,01$ в умовах, коли у двох районах має місце різке зростання трафіку екстрених служб.

Таблиця 3.12 – Результати розрахунку необхідної кількості робочих місць операторів у ЦОВ ОР при виникненні НС у двох районах

Число каналів у ЦОВ (V_j) = ($V_{\text{НС}})$ = 20					
Навантаження, що надходить в ЦОВ-НС, $A_{\text{НС}}$, Ерл	Сумарне надмірне навантаження, R	Сумарне розсіювання надмірного навантаження, D	$A_{\text{екв}}$	$N_{\text{екв}}$	$V_{\text{необ ЦОВ ОР}}$ РЦОВ ОР□ 0,01
20+20	6.356	10.228	28.76	25	19
37+37	22.801	24.725	12.19	31	39
47+47	41.704	30.975	76.89	36	60

Аналізуючи отримані результати, можна зробити попередній висновок, що організація ЦОВ оперативного реагування дозволяє ефективно обслуговувати надлишковий трафік від кількох ЦОВ-НС. Наприклад, при чотирьох кратному зростанні трафіку в кожному з двох районів НС потрібно задіяти в ЦОВ ОР

істотно менше робочих місць за інших рівних умов (до 60 робочих місць замість 78 при восьмикратному зростанні трафіку в єдиному районі НС).

Перелічимо негативні моменти організації ЦОВ ОР: нераціональне використання ресурсів ЦОВ ОР (тільки під час НС);

пропускна спроможність усієї системи може збільшуватися лише екстенсивно, за рахунок організації додаткових робочих місць у ЦОВ ОР.

У той же час позитивними моментами є:

- можливість оперативної взаємодопомоги кільком ЦЗВ одночасно; можливість врахувати географічний фактор, включаючи в ЦОВ ОР центри
- обслуговування викликів регіонів та населених пунктів, значно віддалених один від одного, що знижує ризик критичних перевантажень при одночасному виникненні кількох НС.

Як показано на рисунку 3.8. ЦОВ ОР крім надлишкового трафіку від ЦОВ-НС може обслуговувати трафік екстрених викликів свого району з інтенсивністю λ_i , можливе використання ресурсів ЦОВ ОР з аутсорсингу без НС.

При виникненні НС в одному або кількох районах, на нього надходить додатковий трафік, надлишковий для цих районів. У таблиці 3.13. представлені результати розрахунку необхідного числа робочих місць операторів $V_{\text{необх}}$ ЦОВ ОР, отримані для заданих вимог щодо втрат викликів, а саме для $P_{\text{ЦОВ ОР}} \leq 0,001$ і $P_{\text{ЦОВ ОР}} \leq 0,01$.

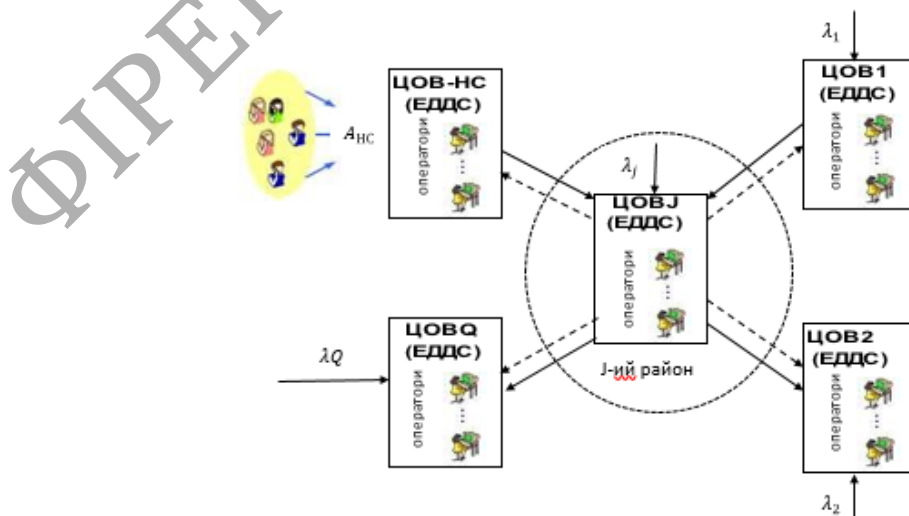


Рисунок 3.8 – Варіант реалізації ЦОВ оперативного реагування на основі ЦОВ j-ого району

Таблиця 3.13 – Результати розрахунку необхідної кількості робочих місць операторів у ЦОВ ОР при виникненні НС в одному районі та реалізації ЦОВ ОР на базі ЦОВ j – ого району

Навантаження, що надходить в ЦОВ-НС, $A_{НС}$, Ерл	Число каналів в ЦОВ (V_j) = ($V_{НС}$) = 20					
	$V_{необх}$					
	РЦОВ ОР \square 0,001			РЦОВ ОР \square 0,01		
	$V_{необхЦОВ ОР}$	$V_{додат}$	$P_{відк}$	$V_{необхЦОВ ОР}$	$V_{додат}$	$P_{відк}$
20	26	6	0.000613	22	2	0.007351
30	37	17	0.000622	32	12	0.007327
40	48	28	0.000985	43	23	0.007341
50	60	40	0.000913	54	34	0.007470
60	72	52	0.000818	64	44	0.009632
70	83	63	0.000991	75	55	0.009172
80	95	75	0.000831	86	66	0.008671

На рисунку 3.9 представлена залежність числа робочих місць в ЦОВ ОР, які необхідно виділити додатково $V_{доп}$, від трафіку, що надходить, вираженого через інтенсивність навантаження АНС. А також представлена залежність $V_{необх ЦОВ ОР}$ від величини $A_{НС}$, отримана для першого варіанту організації ЦОВ ОР. Обидві ці залежності мають лінійний характер, що відбиває екстенсивний характер збільшення пропускнуої спроможності системи загалом [42, 43].

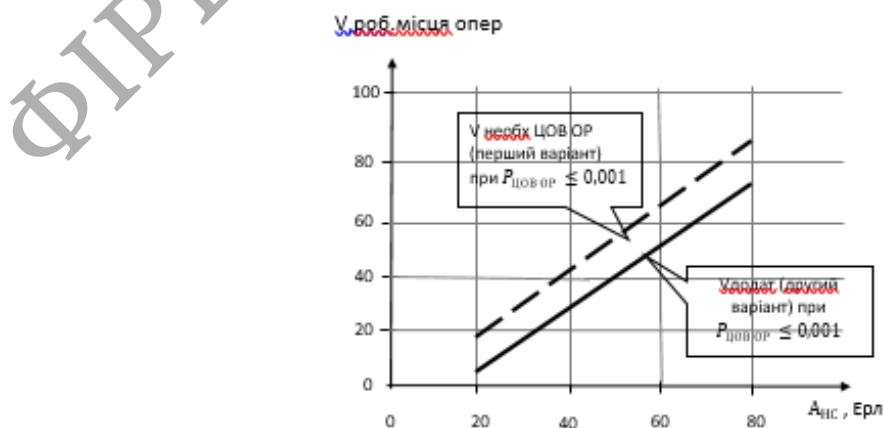


Рисунок 3.9 – Залежності $V_{необх ЦОВ ОР}$ (перший варіант) і $V_{доповнений}$ (другий варіант) від інтенсивності навантаження $A_{НС}$ при $P_{ЦОВ ОР} \leq 0,001$

3.4 Дослідження впливу оперативного резерву в ОДРС на пропускну спроможність системи екстрених викликів

Центри обслуговування екстрених викликів є невід'ємною частиною ЄДДС та ДДС «Системи 112». При об'єднанні в систему кількох ЦОВ, що ведуть до складу ЄДДС, постає питання про організацію оперативного резерву в кожному з ЦОВ для збереження високої якості обслуговування мешканців тих районів обслуговування, до яких спрямовується надлишковий трафік від ЦОВ-НС. Повинна виконуватися вимога – неприпустимо суттєве погіршення якості обслуговування в j – му районі обслуговування, якщо ресурс (або частина ресурсу) робочих місць операторів у ЦЗВ j – ого району стає доступним для надлишкового трафіку від ЦОВ-НС.

Практично йдеться про те, що деякий ресурс робочих місць операторів у ЦОВ j – ого району (оперативний ресурс) буде доступний лише для мешканців j -ого району (обслуговування «внутрішніх» викликів). На загальні потреби системи взаємодопомоги передаватиметься лише частина робочих місць операторів в ЦОВ j – ого району. Причому вони можуть передаватися на постійній основі (обслуговуватимуть лише «зовнішні» екстрені виклики), або можуть використовуватися як для «зовнішніх викликів», так і для «внутрішніх викликів» району.

Для дослідження впливу величини оперативного ресурсу на пропускну спроможність системи екстрених служб у режимі НС використовуємо математичну модель, подану в розділі 2. Розрахунки проводилися двома методами – з використанням попереднього припущення за величиною P_0 та без такого припущення. Проведені розрахунки показали практично ідентичні результати, але менш витратними за часом моделювання показали себе розрахунки з використанням попереднього припущення за величиною P_0 . Програма проведення розрахунків представлена у Додатку 4.

Під час проведення розрахунків передбачалося, що надзвичайна ситуація може статися у зоні відповідальності однієї ЄДДС (див. рис. 3.1.).

Розглядався варіант, коли до системи екстрених служб включено чотири ЦОВ. Надлишковий трафік від ЦОВ-НС може направлятися до трьох інших ЦОВ системи ($W = 3$). Потрібно зберегти досить високу якість обслуговування екстрених викликів у зоні відповідальності тих ОДРС, де немає НС, але куди перенаправляється надлишковий трафік із зони НС. Для цього пропонується виділяти частину ресурсу операторських систем для внутрішніх потреб, надаючи як загальний ресурс НС лише частину наявних коштів. У таблиці 3.14. кількість місць операторів, виділених для оперативного резерву, позначено через $V_{jрез}$, і змінювалося від 0 до 6 (до 30% наявного ресурсу).

Як показано на рисунку 3.10 залежності $P_{ivr\text{ післ}}$ (ймовірності направлення на IVR викликів з району НС) та P_{ivrj} (ймовірності направлення на IVR викликів у j – й зоні обслуговування) від величини оперативного резерву мають різноспрямований характер, а саме – збільшення $V_{jрез}$ знижує ефективність роботи всієї системи (частка відмов по надмірному трафіку НС зростає), але зберігається високий рівень обслуговування екстрених викликів у зонах поза зоною НС.

Таблиця 3.14 – Ймовірності направлення на IVR викликів у j – й зоні обслуговування P_{ivrj} від величини оперативного резерву $V_{jрез}$

Вихідні дані: $V_j = V_{НС} = 20, j = 1, \dots, W$ $A_j = 10$ Ерл $W = 3$		
$A_{НС} = 20$ Ерл		
$V_{jрез}$	$P_{ivr\text{ післ}}$	P_{ivrj}
0	0.00487	0.00487
1	0.01322	0.00440
2	0.02712	0.00399
3	0.04933	0,07321
4	7.70372	0,07320
5	7.13130	0,07299
6	7.19204	0,07204
$A_{НС} = 40$ Ерл		
0	0,08475	0,08475

Продовження таблиці 3.14

1	0,15540	0,05180
2	0,22194	0,03264
3	0,28893	0,02118
4	0,35821	0,01418
5	0,43009	0,00980

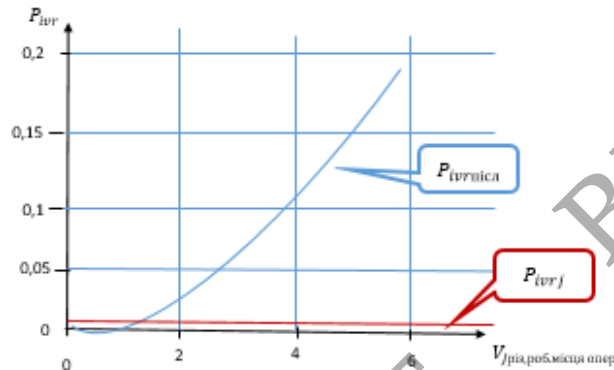


Рисунок 3.10 – Залежність ймовірностей P_{ivr} післ і P_{ivr_j} від величини оперативного резерву $V_{jрез}$

Зафіксуємо вимоги щодо якості обслуговування екстрених викликів у системі взаємодопомоги на досить високому рівні. А саме, поставимо вимогу по ймовірності відмов для викликів із зони НС на рівні $P_{ivr_{післ}} \leq 0,01$. У таблиці 3.15 представлені результати розрахунку максимально допустимої величини оперативного резерву $V_{jрез max}$. Частина трафіку НС обслуговується в ЦОВ-НС, і деяка його частина з інтенсивністю $A_{надл}$ - направляється в інші ЦОВ системи взаємодопомоги. Величина $A_{нс доп}$ - це допустиме навантаження на ЦОВ-НС, перевищення якої не дозволяє виконати вимогу $P_{ivr_{післ}} \leq 0,01$.

Аналізуючи дані таблиці 3.15 можна дійти невтішного висновку, що виділення великого оперативного резерву в ЦОВ системи обмежує ефект від взаємодопомоги як НС. Наприклад, якщо в ЦОВ ємністю $V_j = 30$ для оперативного резерву буде залишено $V_{jрез} = 10$ робочих місць операторів при $A_j = 10$ Ерл, то в j -му районі буде реалізовано практично безвідмовне обслуговування екстрених викликів, а для викликів із зони НС вимога $P_{ivr_{післ}} \leq$

0,01 буде виконуватися тільки якщо $A_{нс}$ не перевищує 29,38 Ерл. В іншому випадку відбувається різке підвищення величини P_{ivr} післ.

Таблиця 3.15 – Результати розрахунку ймовірностей P_{ivr} післ і P_{ivrj} при $W = 3$

$V_{нс} = V_j \quad A_j = 10 \text{ Ерл} \quad W = 3$				
V_j	$V_{j \text{різ max}}$	$A_{нс \text{ дод}} \text{ Ерл}$	P_{ivr} післ	P_{ivrj}
20	1	18,14	0.009934	0.003311
24	4	24,18	0.009990	0.002145
30	10	29,38	0.009967	$4.9 \cdot E^{-7}$
36	16	34,71	0.009968	$3.5 \cdot E^{-10}$

3.5 Дослідження варіанта організації взаємодопомоги шляхом об'єднання можливостей центрів обслуговування екстрених викликів у єдиний ресурс

Сучасні інфокомунікаційні технології дозволяють розширити можливості систем та мереж зв'язку. Зокрема, розглянемо перспективний варіант організації взаємодопомоги шляхом поєднання можливостей центрів обслуговування екстрених викликів у єдиний ресурс. Для реалізації такого варіанту в ЦОВ-НС має бути реалізована програмним шляхом можливість псевдовипадкового розподілу екстрених викликів по центрах обслуговування викликів системи взаємодопомоги з урахуванням доступного ресурсу операторів. Практично йдеться про реалізацію розподіленого центру реагування, ресурси якого розподілені за окремими центрами обслуговування викликів різних ЄДСС. Для опису його функціонування скористаємося результатами розрахунків за методом RDA, наведеними в таблиці 3.1, а також результатами оцінки впливу оперативного резерву.

Представимо у таблиці 3.16 варіант розподілу ресурсів за окремими ЦОВ системи, перетворивши дані таблиці 3.1 Розрахунок необхідного сукупного ресурсу робочих місць операторів у системі був виконаний для двох варіантів заданих вимог ($P_{системи}$ - допустима ймовірність втрат за викликами в системі)

$P_{\text{системи}} \leq 0,001$ та $P_{\text{системи}} \leq 0,01$ і визначалося $V_{\text{необх}}$ (кількість операторів, необхідні обслуговування надлишкового трафіку у системі). Далі виконувалося визначення числа операторів, що включаються до системи взаємодопомоги на кожному із ЦОВ.

В даному випадку

$$V_{\text{необх}} = V_1^{\text{пом}} + V_2^{\text{пом}} + V_3^{\text{пом}} \quad (3.3)$$

де $V_{\text{необх}}$ - загальна кількість операторів необхідних для обслуговування надлишкового трафіку

Відповідно, оперативний резерв у кожному з ЦОВ системи становить

$$V_{\text{гор}} = V_j - V_1^{\text{пом}}, \quad (3.4)$$

де $V_1^{\text{пом}}$ - число операторів, що включаються до системи взаємодопомоги на кожному з ЦОВ для обслуговування лише надлишкового трафіку

Передбачалося, що середньостатистичний рівень трафіку району становить 10 Ерл. Фактично розглянуто випадок п'ятикратного зростання трафіку в районі НС до величини $A_{\text{НС}} = 50$ Ерл. Розрахунок показав отриманий результат можна зробити висновок, що система забезпечуватиме якість обслуговування $P_{\text{системи}} \leq 0,01$ при п'ятикратному зростанні трафіку, якщо в якості оперативного резерву в кожному ЦОВ будуть виділені по 4-5 робочих місць операторів [42].

Таблиця 3.16 – Результати розрахунку необхідної кількості робочих місць операторів у системі взаємодопомоги у разі виникнення НС у одному районі.

Навантаження, що надходить в ЦОВ-НС, $A_{\text{НС}}$, Ерл	$P_{\text{системи}} \leq 0,001$				$P_{\text{системи}} \leq 0,01$			
	$V_{\text{необх}}$	$V_1^{\text{пом}}$	$V_2^{\text{пом}}$	$V_3^{\text{пом}}$	$V_{\text{необх}}$	$V_1^{\text{пом}}$	$V_2^{\text{пом}}$	$V_3^{\text{пом}}$
20	18	6	6	6	14	5	5	4
30	29	9	10	10	24	8	8	8
40	41	14	14	14	35	12	12	11
50	53	18	18	17	46	16	15	15

Реалізація представленого варіанта організації взаємодопомоги передбачає наявність двох режимів роботи системи.

1. За відсутності НС центри обслуговування викликів у складі ОДРС, об'єднані в систему, працюють незалежно один від одного.

2. Коли зафіксовано режим НС, надлишковий трафік спрямовується від ЦОВ-НС до інших ЦОВ системи, будучи розподіленим псевдовипадковим чином з урахуванням доступної операторської ємності в кожному ЦОВ.

Зазначимо спеціальні вимоги:

- необхідно досить швидко визначення початку НС, що дозволяє перейти до другого режиму функціонування. У ЦОВ-НС у цей час і далі має бути інформація про доступних і вільних операторів в інших ЦОВ, включених у систему взаємодопомоги;
- оскільки невідомо, у якому саме районі відбудеться НС, така інформація має бути у кожному ЦОВ системи;
- необхідно також забезпечувати захист від можливих колізій одночасного заняття тих самих ресурсів, виникнення яких можливе при значному видаленні ЦОВ один від одного.

3.6 Аналіз результатів аналітичних розрахунків та оцінки якості обслуговування викликів у підсистемі професійного радіотелефонного зв'язку

3.6.1 Оцінки якості обслуговування дзвінків у радіоінтерфейсі системи TETRA

Підсистема професійного радіотелефонного зв'язку призначена для організації оперативної взаємодії екстрених служб при усуненні наслідків НС. Актуальність її використання визначається наступною сукупністю факторів:

- на початковому етапі розвитку надзвичайної ситуації саме професійний радіотелефонний зв'язок є альтернативою для фіксованого та мобільного зв'язку загального користування (доступ до мобільного зв'язку може бути спеціально обмежений через загрозу терактів).
- при ліквідації наслідків НС кошти професійного радіотелефонного зв'язку забезпечать скоординовану роботу екстрених служб та підрозділів МНС.

Для проведення аналітичних розрахунків характеристик обслуговування викликів у радіоінтерфейсі базової станції стандарту TETRA було розроблено програму, представлену в Додатку 5. Математична модель описана в розділі 2 і відрізняється тим, що враховує груповий характер надходження та обслуговування викликів. Програма розроблена мовою програмування C#, яка оптимізована для вирішення аналогічних систем рівнянь. Програма передбачає два етапи розрахунку. Перший етап відображає рішення системи рівнянь при будь-якому випадковому початковому значенні величини p_0 з урахуванням нормуючої умови.

Метою цього етапу є визначення значення p_0 та величини δ . При великому значенні нормуючої умови на вікні введення значення p_0 зменшуємо p_0 на кілька негативних порядків 10^{-m} , де $m = 1, 2 \dots 20, \dots k$. Якщо значення нормуючої умови виявилось менше одиниці, то чинимо навпаки - збільшуємо значення p_0 . Цей етап завершується, коли значення нормуючої умови менше 2 і більше 1. Величина p_0 , яка задовольняє умову завершення першого етапу, є початковим значенням для точного пошуку рішення системи рівнянь. З його підставі вибирається значення δ .

Другий етап програми виконується при введенні початкового значення $p_{0\text{поч}}$ та величини δ , які були визначені в результаті виконання першого етапу. А також введення значень $F1$, $F2$, $\alpha_{\text{груп}}$ і V . При цьому вирішується система рівнянь і перевіряється нормуюча умова. Було встановлено, що значення нормуючої умови знаходиться в межах $[0.999999999-1.000000001]$.

Результати розрахунків системи рівнянь та ймовірностей відмов для конкретного прикладу наведено в таблиці 3.17. та на рисунках 3.11. – 3.14.

Під час проведення розрахунків пропонувалося, що у радіо-інтерфейс надходять два потоку викликів. Режими роботи - напівдуплекс (його частка становить $F1$) і дуплекс (його частка становить $F2$) із сумарною інтенсивністю груп. Повинна виконуватись умова $F1 + F2 = 1$.

Число інформаційних каналів приймалося

$$V = 8 \cdot 4 = 32 \text{ каналу,}$$

де 8 – число радіоканалів та 4 – коефіцієнт тимчасового ущільнення.

Встановлено, що якщо надходять лише виклики в режимі напівдуплексу, і величина $F1 = 1$, результати розрахунку збігаються з результатами розрахунків за першою формулою Ерланга (див. результати розрахунку для $\alpha_{\text{груп}} = 24$ Ерл і $\alpha_{\text{груп}} = 20$ Ерл). Що підтверджує правильність роботи програми.

Аналізуючи отримані залежності можна зробити висновки:

- використання дуплексного зв'язку, не характерного для ранніх версій систем професійного радіотелефонного зв'язку, значно збільшує ймовірність відмов в обслуговуванні через зайнятість всіх каналів у момент надходження виклику;
- в режимі НС можливе різке зростання інтенсивності службового трафіку, що також негативно позначається на характеристиках роботи системи зв'язку.

Наприклад, якщо частка дуплексного зв'язку становить $F2 = 0,2$ і $\alpha_{\text{груп}} = 20$ Ерл, то середньозважена ймовірність відмови в обслуговуванні становитиме $P_{\text{відк}} = 0,030798$. Якщо в режимі НС (ліквідація наслідків) інтенсивність навантаження зросте до $\alpha_{\text{груп}} = 28$ Ерл, то середньозважена ймовірність відмови в обслуговуванні зросте до $P_{\text{відк}} = 0,169748$ і значною мірою визначатиметься присутністю викликів дуплексного зв'язку з ймовірністю відмов $P_{\text{відк д}} = 0,279359$. Якщо перевести кінцеві пристрої всіх користувачів у напівдуплексний режим, то при $\alpha_{\text{груп}} = 28$ Ерл отримаємо зниження $P_{\text{відк}}$ до величини $P_{\text{відк}} = P_{\text{відк д}} = 0,066498$. Можна рекомендувати перехід до напівдуплексного зв'язку під час усунення наслідків НС для всіх користувачів. Можливе також часткове або повне відключення користувачів із дуплексним зв'язком у системі TETRA, якщо йдеться про комерційне використання ресурсів цієї системи.

У разі (при відключенні комерційних користувачів) інтенсивність навантаження знизиться до $\alpha_{\text{груп}} = 24$ Ерл, що з $F2 = 0$ і $V = 32$ забезпечить $P_{\text{відк}} = 0,022095$.

Таблиця 3.17 – Результати рішення системи рівнянь для базової станції стандарту TETRA

F1	F2	$\alpha_{\text{груп}} = 20 \text{ Ерл}, V = 32$			$\alpha_{\text{груп}} = 24 \text{ Ерл}, V = 32$			$\alpha_{\text{груп}} = 28 \text{ Ерл}, V = 32$		
		$P_{\text{відкпд}}$	$P_{\text{відк д}}$	$P_{\text{відк}}$	$P_{\text{відкпд}}$	$P_{\text{відк д}}$	$P_{\text{відк}}$	$P_{\text{відкпд}}$	$P_{\text{відк д}}$	$P_{\text{відк}}$
0,9	0,1	0,01113	0,02679	0,01269	0,04625	0,10149	0,05177	0,10501	0,21403	0,11591
0,8	0,2	0,02452	0,05592	0,03080	0,07501	0,15741	0,09149	0,14235	0,27936	0,16975
0,7	0,3	0,04266	0,09331	0,05786	0,10515	0,21299	0,13752	0,17768	0,33670	0,22480
0,6	0,4	0,06391	0,01352	0,09241	0,13472	0,26511	0,18687	0,20812	0,38641	0,27944
0,5	0,5	0,08670	0,17823	0,13247	0,16279	0,31256	0,23764	0,23633	0,42945	0,33289
0,4	0,6	0,10987	0,22042	0,17620	0,18897	0,35523	0,28873	0,26179	0,46687	0,38484
0,3	0,7	0,13265	0,26052	0,22216	0,21323	0,39339	0,33944	0,28482	0,49960	0,43517

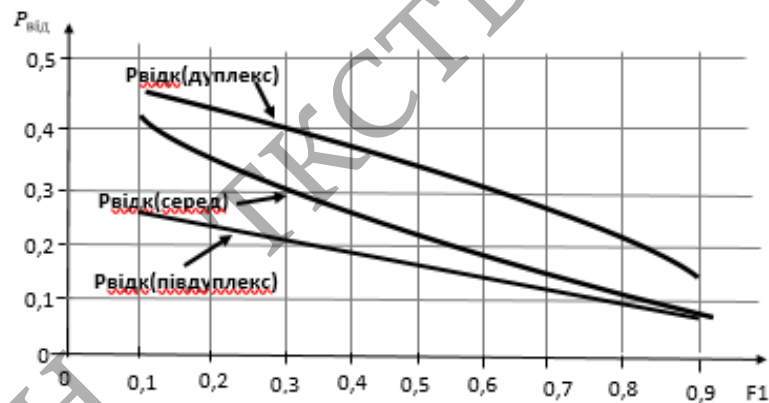


Рисунок 3.11 – Залежність ймовірності відмов у наданні зв'язку $P_{\text{відк}}$ при напівдуплексному, дуплексному зв'язку та усередненій ймовірності відмов у радіоінтерфейсі від ймовірності надходження викликів у режимі напівдуплексу

$F1$ при $V = 32$ та $\alpha_{\text{груп}} = 24 \text{ Ерл}$

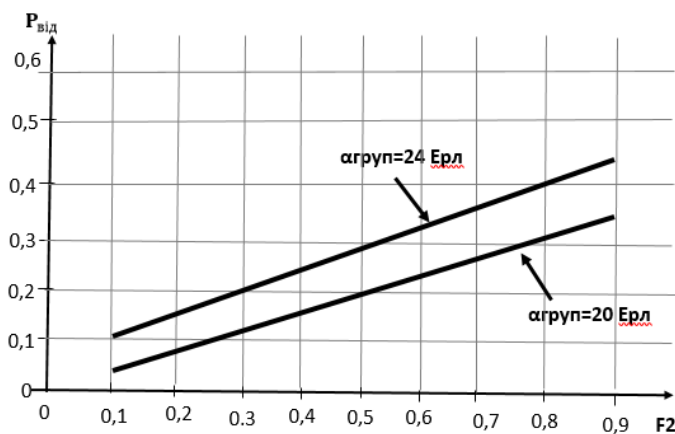


Рисунок 3.12 – Залежність ймовірності відмов у наданні зв'язку $P_{\text{відк}}$ при дуплексному зв'язку від ймовірності надходження викликів у режимі дуплексу $F2$ при $V = 32$

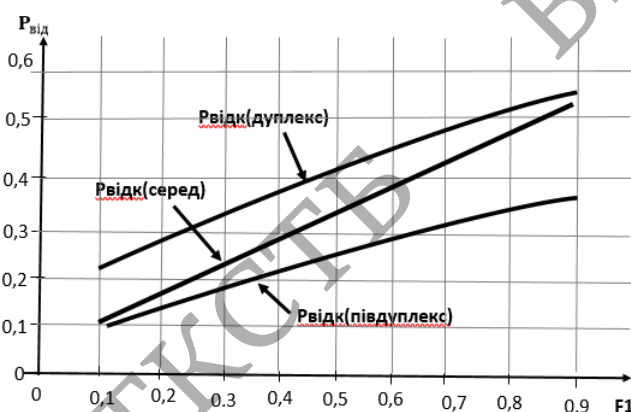


Рисунок 3.13 – Залежність ймовірності відмов у наданні зв'язку $P_{\text{відк}}$ при дуплексному зв'язку від величини $F2$ при $V = 32$ і $\alpha_{\text{груп}} = 28$ Ерл

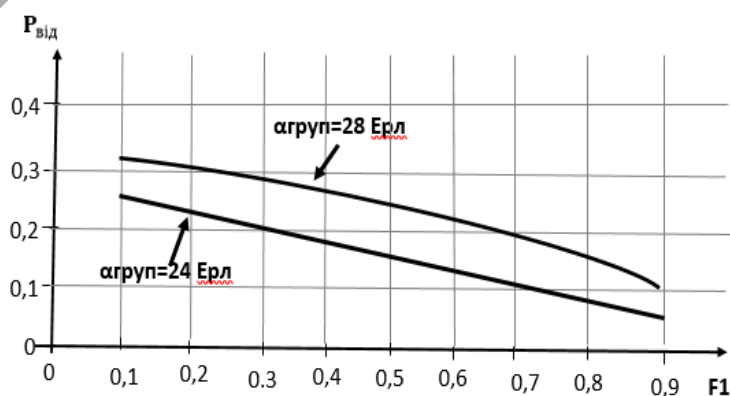


Рисунок 3.14 – Залежність ймовірності відмов у наданні зв'язку $P_{\text{відк}}$ ймовірності надходження викликів у режимі напівдуплексу $F1$ при $V = 32$

3.6.2 Оцінка можливості використання БПЛА як засіб підвищення пропускної спроможності системи TETRA

Варіанти використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) "Системі 112" різноманітні. За потреби вони дозволяють забезпечити мобільний зв'язок в аварійних ситуаціях там, де його немає в даний момент, або в тому у разі, коли виникає якась надзвичайна ситуація (НС). Використання БПЛА дозволяє відновити зв'язок за лічені хвилини.

Дальність зв'язку визначається потужністю передавачів БС та визначає радіус осередків. Конфігурація осередків (секторизовані, несекторизовані) вибирається в відповідно до даних щодо інтенсивності навантаження користувача і за числом радіоканалів в радіоінтерфейс базової станції.

Перспективними є різні варіанти використання БПЛА в мережі TETRA. На рисунку 3.15. представлені варіанти використання БПЛА [41, 42].

У першому випадку – це засіб отримання оперативної інформації шляхом передачі фотографій та відео, тобто використання частини радіоресурсу для передачі мультимедійного трафіку.

У другому випадку - це засіб зниження навантажень при виникненні надзвичайних ситуацій, коли надходження навантаження перевищуватиме максимальний ресурс мережі. Ресурс БПЛА є додатковим ресурсом для забезпечення зв'язку всіх абонентів у осередках кластера при зайнятості всіх радіоканалів у конкретній осередку.

У третьому випадку пропонується використання одного або кількох БПЛА для підвищення пропускної спроможності радіоінтерфейсів базових станцій. Кожен БПЛА охоплює певну зону покриття, в якій розташовані декілька осередків.

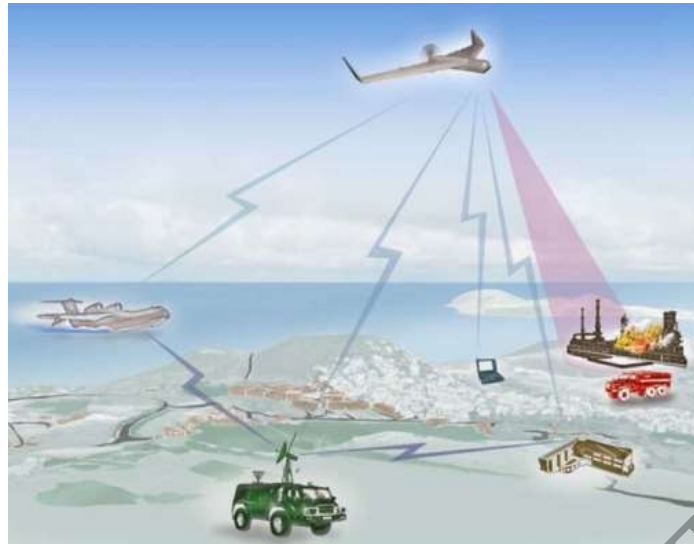


Рисунок 3.15 – Варіанти використання БПЛА

Розглянемо можливий варіант системи, коли є 4 осередки в одному кластері, як показано на рисунку 2.5. У межах кластера частоти повторюватися що неспроможні. Загальний ресурс інформаційних каналів, доступних користувачам в одному осередку кластера складає

$$V_{\text{осер}} = (V_{\text{сум}} - V_{\text{вр}})/L, \quad (3.5)$$

де $V_{\text{сум}}$ - загальний ресурс інформаційних каналів, який визначається як

$$V_{\text{сум}} = 4 \times V_{\text{рк}}, \quad (3.6)$$

де 4 - коефіцієнт ущільнення у системі TETRA;

$V_{\text{рк}}$ - число радіоканалів;

$V_{\text{вр}}$ - виділений ресурс для виходу на БПЛА;

L - Число осередків у кластері.

Розглянемо результати розрахунку варіанта використання БПЛА, що поєднує радіоінтерфейс кластера із чотирьох осередків мережі стандарту TETRA (див. табл. 3.18). Розрахунок виконаний за допустимих втрат у пучку обхідного напрямку БПЛА $P_{\text{БПЛА}} = 0,001$. Число радіоканалів у кожному осередку дорівнює 12. Інтенсивність навантаження A_i на радіоінтерфейс складає 8 Ерл. Інтенсивність навантаження A_i першого осередку змінюється від 8 Ерл до 24 Ерл.

Таблиця 3.18 – Результати розрахунку числа каналів $V_{\text{БПЛА}}$ у напрямку БПЛА

РБПЛА = 0,001; $V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 12$				
A1, Ерл	A2, Ерл	A3, Ерл	A4, Ерл	$V_{\text{БПЛА}}$
8	8	8	8	13
16	8	8	8	21
24	8	8	8	31

Стандарт TETRA забезпечує чотирикратне ущільнення несучих частот. У кожному осередку йде робота на двох несучих частотах. Як загальний ресурс слід забезпечити роботу в БПЛА на 8 несучих частотах. Це дозволить витримати триразове навантаження радіоінтерфейсу першого осередку. Загальне число задіяних несучих частот становитиме $(2 \cdot 4 + 8) = 16$.

Таким чином, використання БПЛА допомагає вирішувати актуальні завдання. ретрансляція радіосигналів з метою розширення можливостей наземних систем радіозв'язку та керування трафіком при появі перевантажень у мережі, а також вирішує проблеми підвищення надійності при виході з експлуатації частини мережі.

З погляду конкретної реалізації використання БПЛА – перспективний варіант, оскільки збільшується зона дії. Цією перевагою БПЛА схоже на як звані зонтичні стільники, які були припущені як варіант зменшення естафетних передач у стільникових мережах зв'язку. Друга перевага полягає в тому, що завжди має місце нерівномірне завантаження осередків. Таким чином, комірки, зазнають перевантаження, можемо розвантажити. Отже - забезпечити нормальну роботу у мережі. БПЛА буде використовуватися для обслуговування дзвінків, які виявилися надмірними для напрямів прямого вибору (напрямок від абонента в комірку, в зоні якої він знаходиться).

Таким чином, БПЛА можна розглядати як СМО, функціонування якої схоже на додатковий ресурс обхідного спрямування зв'язку, що дозволяє підвищити пропускну здатність, якщо одна з осередків перевантажена. Точка присутності БПЛА може отримати в системах радіозв'язку, і в TETRA статус напрями зв'язку. На нього може спрямовуватися надлишковий трафік (дзвінки)

від осередків, мають безпосередній зв'язок з активними абонентами (абоненти, які перебувають у зв'язку).

3.6.3 Оцінки показників якості обслуговування викликів у базовій станції стандарту TETRA з урахуванням впливу мультимедійного трафіку

Розглянемо варіант використання радіоінтерфейсу базової станції стандарту TETRA, коли додається мультимедійний трафік. Результати розрахунку ймовірності відмови виклику в режимі напівдуплексу $P_{\text{відк1}}$ і ймовірності відмови в обслуговуванні мультимедійного виклику $P_{\text{відк8}}$ було отримано за допомогою програми, представленої у Додатку 5. При проведенні розрахунку були обрані значення $F1$ та $F8$ таким чином, щоб результати ймовірностей відмов для дуплексу та мультимедіа були не більше, ніж допустима можливість для систем мобільного зв'язку, тобто не більше 5%. У таблиці 3.19 показані результати розрахунків.

Таблиця 3.19 – Результати розв'язання системи рівнянь для БС системи TETRA ємністю $V = 64$

□групп = 20 Ерл , V =64				□групп = 24 Ерл , V =64			
F1	F8	Pвід1	Pвід8	F1	F8	Pвід1	Pвід8
0,87	0,13	0,002736	0,039679	0,91	0,09	0,002668	0,040351
0,9	0,01	0,0008301	0,014471	0,92	0,08	0,001666	0,027277
0,93	0,07	0,000142	0,003187	0,93	0,07	0,000958	0,017181
0,95	0,05	0,000025	0,000707	0,94	0,06	0,000496	0,009878
0,97	0,03	0,000001	0,000071	0,95	0,05	0,000223	0,005036
0,99	0,01	0,000000	0,000001	0,96	0,04	0,000082	0,002176
□групп = 28 Ерл , V =64				□групп = 32 Ерл , V =64			
0,94	0,06	0,002339	0,037925	0,96	0,04	0,002333	0,040128
0,95	0,05	0,001221	0,022279	0,97	0,03	0,000979	0,020077
0,96	0,04	0,000538	0,001382	0,98	0,02	0,000289	0,007587
0,98	0,02	0,000041	0,001382	0,99	0,01	0,000042	0,001655

Продовження таблиці 3.19

□групп = 36 Ерл , V =64				□групп = 40 Ерл , V =64			
0,99	0,01	0,000042	0,001655	0,99	0,01	0,001498	0,034846

Розглянемо також варіант, коли спільно використовуються режими дуплексу (характеризується ймовірністю відмови $P_{\text{відк}2}$) та мультимедіа $P_{\text{відк}8}$ (див. таблицю 3.20 та рисунку 3.16 та 3.17). У таблиці 3.21 подано результати розрахунків для системи TETRA, в якій задіяно 24, 16 або 8 радіоканалів. З урахуванням чотириразового тимчасового ущільнення отримуємо, відповідно $V = 96, V = 64$ та $V = 32$.

Таблиця 3.20 – Результати розв'язання системи рівнянь для БС системи TETRA при надходженні різної кількості заявок у групі: у режимі дуплексу та мультимедіа

□групп = 16 Ерл, V =64				□групп = 20 Ерл, V =64			
F2	F8	Pвідк2	Pвідк8	F2	F8	Pвідк2	Pвідк8
0,91	0,09	0,006907	0,048485	0,98	0,02	0,005887	0,048339
0,92	0,08	0,005238	0,038648	0,99	0,01	0,003500	0,032713
0,93	0,07	0,003839	0,029957	□групп = 24 Эрл, V =64			
0,95	0,05	0,001795	0,016061	F2	F8	Pотк2	Pотк8
0,97	0,03	0,000632	0,006868	0,99	0,01	0,026420	0,166814
0,99	0,01	0,000132	0,001906				
□групп = 16 Ерл, V =96				□групп = 20 Ерл, V =96			
F2	F8	Pвідк2	Pвідк8	F2	F8	Pвідк2	Pвідк8
0,65	0,35	0,008396	0,046285	0,78	0,22	0,007913	0,045037
0,7	0,3	0,004015	0,023976	0,8	0,2	0,005365	0,031976
0,75	0,25	0,001537	0,010102	0,85	0,15	0,001512	0,010366
0,8	0,2	0,000430	0,003184	0,9	0,1	0,000222	0,001856
0,85	0,15	0,000075	0,00065	0,95	0,05	0,000009	0,000101
□групп = 24 Эрл, V =96				□групп = 28 Эрл, V =96			
F2	F8	Pвідк2	Pвідк8	F2	F8	Pвідк2	Pвідк8
0,86	0,14	0,008491	0,049401	0,93	0,07	0,005954	0,037957

Продовження таблиці 3.20

0,87	0,13	0,006645	0,039929	0,94	0,06	0,004063	0,027376
0,9	0,1	0,002693	0,018133	0,95	0,05	0,002605	0,018706
0,93	0,07	0,000764	0,005988	0,96	0,04	0,001546	0,011963
0,95	0,05	0,000239	0,002158	0,97	0,03	0,000828	0,007007
0,97	0,03	0,000048	0,000533	0,98	0,2	0,000384	0,003644
□ групи = 32 Эрл, V =96							
F2	F8	Pвідк2	Pвідк8	F2	F8	Pвідк2	Pвідк8
0,96	0,04	0,009545	0,059639	0,98	0,02	0,003700	0,027632
0,97	0,03	0,006239	0,041978	0,99	0,01	0,001916	0,015884

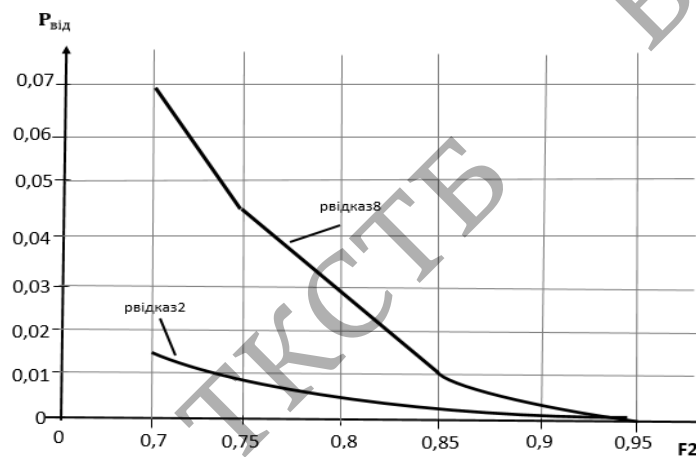


Рисунок 3.16 – Залежність ймовірності відмов при дуплексному зв'язку та мультимедіа від частки дуплексного трафіку F2

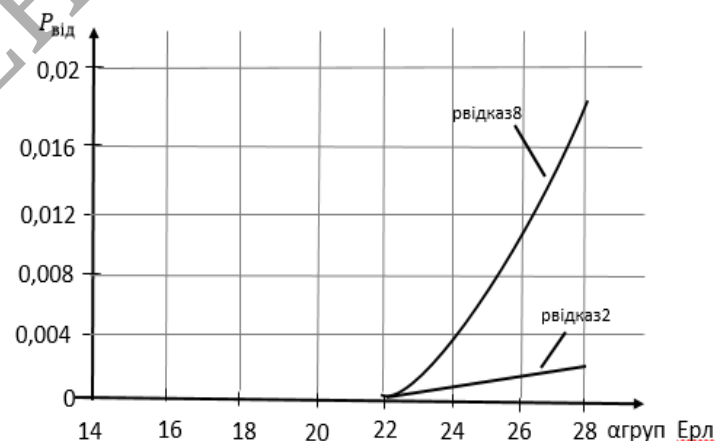


Рисунок 3.17 – Залежність ймовірності відмов при напівдуплексному зв'язку та мультимедіа від інтенсивності навантаження при $V = 96$ $F2 = 0,95$ і $F8 = 0,05$

Таблиця 3.21 – Результати розв'язання системи рівнянь для БС системи TETRA при $F1 = 0,2$; $F2 = 0,6$; $F8 = 0,2$

□ групи = 20 Ерл, V =96					
F1	F2	F8	Рвід1	Рвід2	Рвід8
0,2	0,6	0,2	0,001348	0,002901	0,0182300
□ групи = 24 Ерл, V =96					
0,2	0,6	0,2	0,007439	0,015605	0,0823136
□ групи = 28 Ерл, V =96					
0,2	0,6	0,2	0,021861	0,044807	0,203409
□ групи = 20 Ерл, V =64					
0,2	0,6	0,2	0,041093	0,083453	0,353331
□ групи = 24 Ерл, V =64					
0,2	0,6	0,2	0,078176	0,154043	0,544836
□ групи = 28 Ерл, V =64					
0,2	0,6	0,2	0,118342	0,226895	0,689839
□ групи = 20 Ерл, V =32					
0,2	0,6	0,2	0,241019	0,432383	0,9308723

Розрахунок показав, що системи професійного радіотелефонного зв'язку дуже чутливі до мультимедійного трафіку його наявність припустима лише у великих системах з числом радіоканалів понад 24 радіоканали, тобто з урахуванням тимчасового ущільнення при $V \geq 96$ каналів трафіку.

3.7 Висновки до розділу 3

1. Для маршрутизації надлишкового трафіку у системі екстрених служб можуть використовуватися різні методи його розподілу та перенаправлення. Як показали аналітичні розрахунки при включенні в систему взаємодопомоги ЦОВ різної ємності суттєве значення має послідовність розташування ЦОВ у ланцюжку маршрутизації. При розташуванні ЦОВ у порядку зростання ємності операторських підсистем ймовірність направлення екстрених викликів на IVR суттєво знижується в порівнянні з іншими варіантами, але така система взаємодопомоги нестійка до зростання інтенсивності трафіку у НС.

2. Оцінка потенційної стійкості системи до навантажень враховувала можливість виключення ЦОВ із ланцюжка маршрутизації. Великі центри обслуговування викликів більшою мірою схильні до зниження потенційної

стійкості при зменшенні кількості доступних ЦОВ, хоча й мають більшу стійкістю до перевантажень у НС.

3. Перспективне використання найпростішого у реалізації варіанта – без додаткової маршрутизації надлишкового трафіку між ЦОВ, обмежившись розподілом надлишкового трафіку із зони НС пропорційно ємності операторських систем V_j . Крім простоти реалізації такий варіант дозволяє врахувати такий фактор, як об'єднання в систему взаємодопомоги центри обслуговування викликів різної ємності (можливий варіант у Республіці Ємен); можливість оперативного перерозподіл потоків трафіку при перевантаженні або виході з ладу окремих центрів обслуговування екстрених дзвінків.

4. Досліджено функціонування системи взаємодопомоги з урахуванням впливу оперативного резерву, що виділяється в ЦОВ різних зон обслуговування з метою підтримки високої якості обслуговування у конкретній зоні.

5. Організація центру оперативного реагування ЦОВ ОР для обслуговування екстрених викликів дозволяє знизити ризик критичних перевантажень при одночасному виникненні кількох НС. Однак пропускна спроможність усієї системи може збільшуватися лише екстенсивно, тобто за рахунок організації додаткових робочих місць у ЦОВ ОР. Можливе нерациональне використання ресурсів ЦОВ ОР.

6. При ліквідації наслідків НС силами спеціальних екстрених служб взаємодія між ними може забезпечуватися за допомогою коштів професійного радіотелефонного зв'язку. Перспективне використання безпілотних літальних апаратів БПЛА як ефективного засобу отримання об'єктивної інформації та як додаткового ресурсу зв'язку.

7. Проведені розрахунки ймовірності відмов у обслуговуванні через зайнятість всіх каналів радіоінтерфейсу в системі TETRA показали, що системи професійного радіотелефонного зв'язку чутливі до мультимедійного трафіку. Його наявність допустима у великих системах із числом радіоканалів понад 24 радіоканалів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконання науково-дослідної роботи завжди передбачає отримання певних результатів і вимагає відповідних витрат. Результати виконаної роботи завжди дають нам нові знання, які в подальшому можуть бути використані для удосконалення та/або розробки (побудови) нових, більш продуктивних зразків техніки, процесів та програмного забезпечення.

Дослідження на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» може бути віднесено до фундаментальних і пошукових наукових досліджень і спрямоване на вирішення наукових проблем, пов'язаних з практичним застосуванням. Основою таких досліджень є науковий ефект, який виражається в отриманні наукових результатів, які збільшують обсяг знань про природу, техніку та суспільство, які розвивають теоретичну базу в тому чи іншому науковому напрямку, що дозволяє виявити нові закономірності, які можуть використовуватися на практиці.

Для цього випадку виконаємо такі етапи робіт:

- 1) здійснимо проведення наукового аудиту досліджень, тобто встановлення їх наукового рівня та значимості;
- 2) проведемо планування витрат на проведення наукових досліджень;
- 3) здійснимо розрахунок рівня важливості наукового дослідження та перспективності, визначимо ефективність наукових досліджень.

4.1 Оцінювання наукового ефекту

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведені в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи виставлені експертами

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення ступеня новизни, бали		
		Експерти (ПІБ, посада)		
		1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в даній галузі науки і техніки. Отримані принципово нові факти, закономірності; розроблена нова теорія. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	0	0	0
Нова	Отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	48	52	54
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі відомі положення розповсюджені на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблені більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведена часткова раціональна модифікація (з ознаками новизни)	0	0	0
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджені або поставлені під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг в порівнянні з існуючим	0	0	0
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі, та не був відомий авторам	0	0	0
Середнє значення балів експертів		51,3		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів ступінь новизни характеризується як нова, тобто отримана нова інформація, яка суттєво зменшує

невизначеність наявних знань (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту) та проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів.

Таблиця 4.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи виставлені експертами

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали		
	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
Відкриття закону, розробка теорії	0	0	0
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	0	0	0
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	47	53	54
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	0	0	0
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	0	0	0
Середнє значення балів експертів	51,3		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів рівень теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи характеризується як розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини.

Показник, який характеризує рівень наукового ефекту, визначаємо за формулою [45]:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (4.1)$$

де $k_{\text{нов}}, k_{\text{теор}}$ - показники ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, $k_{\text{нов}} = 51,3, k_{\text{теор}} = 51,3$ балів;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}} = 0,6 \cdot 51,3 + 0,4 \cdot 51,33 = 51,33 \text{ балів.}$$

Визначення характеристики показника $E_{\text{нау}}$ проводиться на основі висновків експертів виходячи з граничних значень, які наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Відповідно до визначеного рівня наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускну здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації», даний рівень становить 51,33 балів і відповідає статусу - середній рівень. Тобто у даному випадку можна вести мову про потенційну фактичну ефективність науково-дослідної роботи.

4.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускну здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.2.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп,

науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [45]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.2)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=21$ дні.

$$Z_o = 12120,00 \cdot 42 / 21 = 24240,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.4 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник розробки	12120,00	577,14	42	24240,00
Інженер-дослідник мультисервісної телекомунікаційної системи	10750,00	511,90	36	18428,57
Консультант	11800,00	561,90	5	2809,52
Технік	6750,00	321,43	12	3857,14
Всього				49335,24

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Підвищення пропускну здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{zm}}, \quad (4.4)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=2379,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [45];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

t_{zm} – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 2379,00 \cdot 1,10 \cdot 1,65 / (21 \cdot 8) = 25,70 \text{ грн.}$$

$$Z_{p1} = 25,70 \cdot 4,00 = 102,81 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Встановлення устаткування	4,00	2	1,10	25,70	102,81
Інсталяція програм	7,00	4	1,50	35,05	245,33
Моделювання мереж	10,00	5	1,70	39,72	397,21
Підготовка приміщення	6,00	2	1,10	25,70	154,21
Налаштування устаткування	4,00	4	1,50	35,05	140,19
Демонтаж устаткування	4,00	2	1,10	25,70	102,81
Всього					1142,56

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (4.5)$$

де $H_{\text{дод}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 11%.

$$Z_{\text{дод}} = (49335,24 + 1142,56) \cdot 11 / 100\% = 5552,56 \text{ грн.}$$

4.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (4.6)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (49335,24 + 1142,56 + 5552,56) \cdot 22 / 100\% = 12326,68 \text{ грн.}$$

4.2.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Підвищення пропускну здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації».

Витрати на матеріали на даному етапі проведення досліджень в основному пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальних математичних моделей, тому дані витрати формуються на основі витратних матеріалів характерних для офісних робіт.

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (4.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 3,00 \cdot 98,00 \cdot 1,1 - 0,000 \cdot 0,00 = 323,40 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір офісний Office SIX 4200	98,00	3,00	0,000	0,00	323,40
Приладдя канцелярське Office X34	168,00	4,00	0,000	0,00	739,20
Чорнило плотерне HP-42A16	210,00	1,00	0,000	0,00	231,00
Папір креслярський А1	22,00	10,00	0,000	0,00	242,00
Органайзер Office DY13	220,00	4,00	0,000	0,00	968,00
Диск оптичний RAX-7	12,50	4,00	0,000	0,00	55,00
Всього					2558,60

4.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.8)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$$K_e = 1 \cdot 4680,00 \cdot 1,1 = 5148,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Медіашлюз + DSLAM	1	4680,00	5148,00
Мультисервісний модуль комутації	1	5760,00	6336,00
Всього			11484,00

4.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.}i} \cdot K_i, \quad (4.9)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.}i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 1100,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 1221,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Програмний комутатор	1	1100,00	1221,00
Сервер IVR	1	12600,00	13986,00

Роутер (DSL-modem)	1	2650,00	2941,50
Switch	2	2760,00	6127,20
Мультисервісний модуль доступу	1	6900,00	7659,00
Модуль рухомого зв'язку	1	3264,00	3623,04
Модуль аналогових ліній	1	760,00	843,60
Термінальні пристрої	4	850,00	3774,00
Всього			40175,34

4.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{инрг}} \cdot C_{\text{прог.і}} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

де $C_{\text{инрг}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.і}}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 7360,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 8096,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
ОС Windows	1	7360,00	8096,00
Прикладний пакет Microsoft Office	1	5860,00	6446,00
Пакет Visual System Simulator	1	6350,00	6985,00
Пакет Microwave Office	1	5710,00	6281,00
Пакет MATLAB SIMULINK	1	3700,00	4070,00
Всього			31878,00

4.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_г} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.11)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_г$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (17640,00 \cdot 1) / (3 \cdot 12) = 490,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер	17640,00	3	1	490,00

Програмний центр обробки та виводу даних	26950,00	3	1	748,61
Місце оператора	8460,00	5	1	141,00
Оргтехніка	8670,00	4	1	180,63
Приміщення лабораторії	170000,00	25	1	566,67
Всього				2126,90

4.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (4.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 4,10$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,25 \cdot 320,0 \cdot 4,10 \cdot 0,95 / 0,97 = 328,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.11 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Персональний комп'ютер	0,25	320,0	328,00
Програмний центр обробки та виводу даних	0,36	320,0	472,32
Місце оператора	0,10	320,0	131,20

Оргтехніка	0,72	40,0	118,08
Програмний комутатор	0,02	95,0	7,79
Сервер IVR	0,07	95,0	28,04
Роутер (DSL-modem)	0,03	95,0	11,69
Switch	0,04	95,0	15,58
Мультисервісний модуль доступу	0,06	95,0	23,37
Модуль рухомого зв'язку	0,06	95,0	23,37
Всього			1159,44

4.2.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (4.13)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{cv} = 22\%$.

$$B_{cv} = (49335,24 + 1142,56) \cdot 22 / 100\% = 11105,11 \text{ грн.}$$

4.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.14)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{cn} = 35\%$.

$$B_{cn} = (49335,24 + 1142,56) \cdot 35 / 100\% = 17667,23 \text{ грн.}$$

4.2.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_s = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{is}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де H_{is} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{is} = 55\%$.

$$I_s = (49335,24 + 1142,56) \cdot 55 / 100\% = 27762,79 \text{ грн.}$$

4.2.12 Накладні (загально виробничі) витрати

До статті «Накладні (загально виробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з керуванням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 115\%$.

$$B_{нзв} = (49335,24 + 1142,56) \cdot 115 / 100\% = 58049,46 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускнуої здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{одд} + Z_n + M + K_6 + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_6 + B_{нзв}. \quad (4.17)$$

$$B_{заг} = 49335,24 + 1142,56 + 5552,56 + 12326,67762 + 2558,60 + 11484,00 + 40175,34 + 31878,00 + 2126,90 + 1159,44 + 11105,11 + 17667,23 + 27762,79 + 58049,46 = 272323,91 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.18)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,95$.

$$3B = 272323,91 / 0,95 = 286656,74 \text{ грн.}$$

4.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи

Оцінювання та доведення ефективності виконання науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру є достатньо складним процесом і часто базується на експертних оцінках, тому має вірогідний характер.

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_p рівня науково-дослідної роботи може бути розрахований за формулою:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t}, \quad (4.19)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи. Приймемо $I = 4$;

n – коефіцієнт використання результатів роботи; $n = 0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть використовуватись частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n = 3$, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок. Приймемо $n=2$;

T_C – коефіцієнт складності роботи. Прийmemo $T_C = 2$;

R – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$. Прийmemo $R = 3$;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн. Прийmemo $B = 286656,74$ грн;

t – час проведення дослідження. Прийmemo $t = 0,17$ років, (2 міс.).

Визначення показників I , n , T_C , R , B , t здійснюється експертним шляхом або на основі нормативів [45].

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t} = \frac{4^2 \cdot 2 \cdot 3}{287 \cdot 0,17} = 2,01.$$

Якщо $K_p > 1$, то науково-дослідну роботу на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» можна вважати ефективною з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

4.4 Висновок до розділу 4

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» складають 286656,74 грн. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускної здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи $K_p > 1$, що свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці за своєю суттю має на меті створити максимально безпечні умови праці для людини. При взаємодії з робочим середовищем на людину можуть впливати деякі шкідливі чинники. В залежності від їх наявності та інтенсивності шкідливого впливу відповідно розробляються заходи охорони праці на виробництві.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджується підвищення пропускну здатності систем оповіщення при надзвичайних ситуаціях. Дослідження припускають роботу за персональним комп'ютером.

На працівників, що проводять дослідження на ПК можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори, у відповідності з прийнятою класифікацією за ГОСТ 12.0003.-74 [46].

Фізичні: підвищена та понижена температура повітря робочої зони; підвищена та понижена рухливість повітря робочої зони; недостатня освітленість робочої зони; недостатність природного освітлення; небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини; підвищена та понижена вологість повітря; підвищений рівень електромагнітного опромінення.

Психофізіологічні: нервово – психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечного виконання робіт.

5.1.1 Технічні рішення з організації робочого місця під час проектування.

Перед початком роботи повинен пройти інструктаж. Результати інструктажу заносяться в «Журнал реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці», в журналі після проходження інструктажу повинен бути підпис особи, яка інструктує та працівника, а також відмітка у стовпчику 12 про допуск до роботи.

Комп'ютер встановлюють на відстані не менше 1 м від стін, між собою на відстані не менше 1,5 м. Виключають можливість прямого засвічування екрану джерелом природного освітлення. Поверхня екрану повинна знаходитись на відстані 400-700 мм, від очей користувача. Висота робочої поверхні столу повинна становити 680-800 мм, ширина не менше 500 мм. Стілець повинен мати висоту 280-320 мм, ширину не менше як 380 мм. При роботі з текстом, інформацією рекомендується працювати на світлому (білому) фоні з чорними знаками.

5.1.2 Електробезпека виробничого приміщення

Класифікація приміщень за категоріями електробезпеки залежно від мікроклімату виробничих будівель. Допустимими визнаються умови праці у будівлях, де відносна вологість повітря не перевищує 60%, температура повітря не перевищує 35 °С, а пил та хімічно агресивне середовище – відсутні. За таких умов праці мікроклімат вважається сухим. Вологими називаються умови роботи, де відносна вологість повітря становить від 60% до 75%. Сирі – це такі умови, які характеризуються відносною вологістю повітря в будівлі більшою за 75%. Особливо сирі умови – це умови, із майже стовідсотковою відносною вологістю повітря. Гарячими умовами праці є становище, при якому температура повітря перевищує 35 °С. Запиленими визнаються умови, при яких виділяється велика кількість виробничого пилу, внаслідок чого він може залишатись на зовнішніх поверхнях або навіть проникати у середину обладнання чи апаратів. До умов праці з хімічно активним середовищем відносять умови, при яких у повітрі протягом тривалого часу залишаються гази або краплі рідин, які негативно впливають на ізолюючі властивості і струмопровідні елементи електричних інструментів.

Класифікація приміщень за рівнем електробезпеки Відповідно до ПУЕ, усі промислові приміщення (цехи, майстерні, склади) за ступенем ймовірності ураження електричним струмом можна розділити на три категорії: Будівлі з підвищеною небезпекою До цього типу будівель належать споруди, в яких

наявний принаймні один із таких факторів: сирі приміщення, відносна вологість в яких протягом тривалого часу перевищує 75%; приміщення, в яких пил покриває провідники, забивається всередину машин та обладнання; приміщення зі струмопровідними підлогами (металевими, земляними, цегляними, залізобетонними); приміщення, в яких середня температура повітря зазвичай перевищує +30 °С; приміщення, в яких існує ймовірність одночасного торкання співробітника до зовнішніх елементів електричного устаткування і заземлених металевих конструкцій будівель, технологічного обладнання тощо.

Будівлі з особливо небезпечними умовами Ці будівлі характеризуються як дуже сирі приміщення зі стовідсотковою відносною вологістю. Стеля, стіни, підлога, устаткування у таких приміщеннях постійно вкриті тонким шаром крапель чи пліснявою. Слід бути вкрай обережними, оскільки при виконанні робіт з використанням електричної напруги на відкритому повітрі, всередині посудин, всередині непросохлих приміщень ймовірність ураження співробітників чи сторонніх осіб електричним струмом дуже висока. До будівель з особливо небезпечними умовами належать також споруди з хімічно активним середовищем, яке завдяки своїм властивостям завдає шкоду ізоляції та електричним матеріалам. Окрім того, будівлі, які мають одночасно дві або більше ознаки приміщень з підвищеною безпекою так само належать до будівель із особливо небезпечними умовами.

Будівлі без факторів збільшеної безпеки До цієї категорії належать будівлі, в яких немає жодної з ознак, властивих приміщенням з підвищеною або особливою безпекою[47].

Для створення оптимальних умов електробезпеки в виробничому приміщенні потрібно підтримувати режим вологості повітря на рівні 60%, для того щоб приміщення було сухим, та температуру повітря не вище 35°C. Постійний моніторинг середовища, на предмет пилу та хімічно агресивних речовин у складі повітря, для забезпечення електробезпеки приміщення.

Підключення складових частин комп'ютера повинно відбуватися згідно схеми з'єднання. Підготовку комп'ютера до роботи необхідно проводити у відключеному стані. При появі шумів, скрипів запаху гарі та диму, які можуть

привести до аварії, необхідно терміново відключити комп'ютер від електромережі і повідомити керівника та відповідального за технічний стан комп'ютера. Самостійна ліквідація несправності не дозволяється.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Висока чи низька температура повітря в приміщенні з ПК негативно впливає на функціональний стан користувача. Недостатня вологість в приміщенні призводить до надмірного висихання слизових оболонок очей, носа, горла та до нагромадження зарядів статичної електрики, що утворюються в процесі роботи ПК.

Разом з тим недопустима вологість повітря більше 75%. На робочих місцях користувачів ПК параметри мікроклімату мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”, ДСан ПІН 3.3.2-007-98, ДНАОП 0.00-1.31-99.

За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі. Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності [48]. Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності[48].

Категорія робіт – розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму[48]. Легкі фізичні роботи (категорія І) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105–140 Вт (90–120 ккал/год.) – категорія Іа та 141–175 Вт (121–150 ккал/год.) – категорія Іб. До категорії Іа належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До категорії Іб належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

Визначаємо наявну категорію робіт, як Іа.

В приміщенні, де відбувається дослідження підвищення пропускної здатності систем оповіщення при надзвичайних ситуаціях, повинні забезпечуватися такі оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря, що зазначені в нормативному акті НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями.[49]

Оптимальні параметри мікроклімату наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Оптимальні параметри мікроклімату при виконанні робіт операторського типу на ЕОМ для робіт категорії Іа

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м\с
Холодний	22-24	60-40	0,1
Теплий	23-25	60-40	0,1

При плануванні умов робочого місця потрібно дотримуватись саме цих параметрів мікроклімату для досягнення оптимальних умов праці, що виконує важливу роль в якості виконаної роботи працівником та в безпеці його трудової діяльності. Рекомендовано застосовувати у приміщенні кондиціонери, також приміщення повинно бути оснащене якісними енергоефективними вікнами.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

При дослідженні ефективності природної вентиляції в приміщенні, де проводиться дослідження потрібно враховувати, що відповідно до СНиП

2.04.05–91 [50] за умови, якщо об'єм робочого приміщення, що припадає на кожного працюючого, менше 20 м³, необхідний повітрообмін повинен становити не менше $L' = 30$ м³/год на одну особу. При об'ємі 20 м³ і більше на одного працюючого повітрообмін повинен становити не менше $L' = 20$ м³/год. При об'ємі 40 м³ і більше на одного працюючого за наявності в приміщенні вікон та дверей повітрообмін не лімітується.

Для профілактики та підтримки оптимального складу повітря потрібно дотримуватись гігієни приміщення: проводити вологе прибирання, регулярно провітрювати приміщення.

5.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 [51] Система природного освітлення відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні зазначені у таблиці 5.2:

Таблиця 5.2 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнювання з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0	IV	б	Середній	середній	200	500	4	1,5	2,4	0,9

У кожній кімнаті, де обладнуватимуться робочі місця співробітників, що працюватимуть на комп'ютері, повинні бути наявні елементи природного та штучного освітлення. При цьому, на вікнах слід встановити легко регульовані жалюзі чи штори, які дозволять працівникам коригувати рівень освітлення в

приміщенні. Бажано розмістити комп'ютери в кімнаті таким чином, щоб світло потрапляло на екрани моніторів з півдня чи північного сходу.

5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є ДСН 3.3.6.037-99 [52].

Таблиця 5.3 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні шуму та еквівалентні рівні шуму

Робоче місце	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц									Рівні шуму та еквівалентні рівні шуму, (дБ)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Для програмістів операторів ЕОМ (ПЕОМ)	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для зниження рівня шуму стіни і стеля приміщення, де встановлені комп'ютери, мають бути облицьовані звукопоглинаючими матеріалами.

5.2.5 Електромагнітні випромінювання

Під час проведення роботи із використанням ПК на розробника діє підвищений рівень електромагнітного поля.

Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, що генеруються ВДТ пов'язані перш за все з частотою формування елемента зображення, а також з інтенсивністю електронного проміння, що зумовлює яскравість точок на екрані.

Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК (за вимогами MPR II 1990:10 Шведського національного комітету з вимірювань та досліджень та нормами ТСО 9295) наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК

Вид поля	ТСО	MPR II
Змінне електричне поле		
5 Гц – 2 кГц	10 В/м	2,5 В/м
2 кГц – 400 кГц	1 В/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо монітора
Змінне магнітне поле		
5 Гц – 2 кГц	250 нТл 200 мА/м	250 нТл 200 мА/м
2 кГц – 400 кГц	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на працівника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Можлива психоемоційна напруга при тривалій роботі з екраном відеомонітору, тому для забезпечення безпечності праці пропонуються наступні рішення:

Працюючі за комп'ютером повинні дотримуватися наступного режиму праці:

При введенні даних, читанні інформації з екрану безперервна тривалість роботи не повинна перевищувати 4-х годин при 8-годинному робочому дні;

Через кожен годину роботи необхідно робити перерву на 5-10 хвилин, а через 2 години на 15 хвилин;

Перерви використовувати для зорового та фізичного розвантажування:

Стоячи або сидячи робити похитування головою ліворуч-праворуч (темп швидкий);

Стоячи або сидячи робити нахили голови уперед-назад (темп помірний);

Масаж лоба, злегка його погладжуючи, а також погладжуючи ділянки над бровами у напрямку до скронь;

Стоячи або сидячи проводити самомасаж шиї та потилиці, погладжуючи потилицю та шию у напрямку до торса;

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій\

На систему зв'язку можуть діяти загрозливі чинники НС техногенного характеру, таких як аварії на системах зв'язку та телекомунікації. На безпеку системи оповіщення можуть діяти фактори як на фізичному рівні, так і на програмному рівні.

Виникнення надзвичайної ситуації (НС) може нести загрозу для життя і здоров'я людей та призводить до порушення нормальних умов життєдіяльності та значних матеріальних втрат. В умовах надзвичайних ситуацій, особливого періоду оператори телекомунікаційних мереж, організації в управлінні яких є засоби та мережі телекомунікацій, надають можливість використовувати ресурси своїх супутникових систем зв'язку для попередження, локалізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, оповіщення населення, проведення мобілізації, забезпечення потреб національної безпеки, розвідки, охорони правопорядку та організації евакуацій. Також надзвичайні ситуації можуть призвести до загибелі людей або значних матеріальних втрат. Тому необхідно дослідити безпеку роботи системи оповіщення в умовах дії загрозливих чинників НС.

Аварія на комп'ютерних мережах зв'язку та системах оповіщення може виникнути внаслідок події виведення з ладу (наприклад, електричного пробоя ізоляторів, короткого замикання проводів, збою визначальних програм функціонування, «зараження вірусами» та інших «пошкоджень» інформаційних

сигналів і ін.) будь-якої з визначальних «інформаційно небезпечних» систем, які одночасно є складовими конкретної системи зв'язку та телекомунікації або функціонують вкупі з нею. Така подія може статися:

- або через «раптову відмову» будь-якої з деталей визначальних «інформаційно небезпечних» систем;
- або через помилки персоналу, який здійснює технічну експлуатацію кожної з його визначальних «інформаційно небезпечних» систем;
- або через помилки персоналу, що здійснює використання за призначенням пристрою.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи технологічного обладнання в цих умовах приймається таке граничне значення рівня ($P_{зв}$, $P/год$), при якому можуть виникнути тимчасові зміни, але пристрій буде працювати з потрібною якістю.

Приймаючи до уваги елементну базу, що використовується для реалізації розроблювальної системи оповіщення, складається таблиця потужностей експозиційної дози опромінення для кожного елемента $P_{зв,i}$, що викликають початок зворотних змін. Отримані значення занесемо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Потужність експозиційної дози для кожного елемента, що викликають початок зворотних змін

№	Елементи системи оповіщення	$P_{зв,i}$, P/c	$P_{зв}$, P/c
1	Процесори, інтегральні мікросхеми	10^3	10^3
2	Діоди загального призначення	10^4	
3	Транзистори загального призначення	10^4	
4	Мікросхеми	10^5	
5	Конденсатори	10^7	
6	Резистори	10^8	

Визначається елемент, який найбільшою мірою піддається впливу випромінюванням, тобто елемент із мінімальним значенням $P_{зв}$.

$$P_{зв} = 10^3 \text{ Р/с}$$

В якості критерію стійкості роботи РЕА системи оповіщення використовується граничне значення рівня іонізуючих випромінювань:

$$P_{гр} = K_{над} * P_{зв} / K_{посл}, \quad (5.1)$$

де $P_{зв}$ - рівень радіації незворотних змін пристрою в цілому;

$K_{над}$ - коефіцієнт надійності ($K_{над} = 0,9 \div 0,95$);

$K_{посл}$ - коефіцієнт послаблення.

$$P_{гр} = 0,95 * 10^3 / 2 = 475 \text{ Р/с.}$$

З наведеної таблиці слідує, що мінімальні значення граничних рівнів радіації елементів, при яких в елементній базі можливі необоротні зміни мають інтегральні мікросхеми великої ступені інтеграції та мікропроцесори – $P_{зв} = 10^3$, $K_{посл} = 2$.

Визначаємо допустимий час роботи пристрою:

$$t_{доп} = \left(\frac{D_{сп} \cdot K_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2, \quad (5.2)$$

$$t_{доп} = \left(\frac{10^3 \cdot 2 + 2 \cdot 7,6 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 7,6} \right)^2 = 17313 \text{ (год)}.$$

Таким чином, допустимий час роботи пристрою складатиме 17313 годин і вийде миттєво з ладу при рівні радіації 475 Р/с.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії електромагнітного імпульсу

Критерієм оцінки приймається коефіцієнт безпеки:

$$K_{бв(2)} = 20 \lg \frac{U_D}{U_{в(2)}} \quad (5.3)$$

де U_d – допустиме коливання напруги живлення;

$U_{B(\Gamma)}$ – напруги, наведені у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах елементної бази.

Система зв'язку вважається стійкою коли $K_{Бвi}$ і $K_{Бгi} \geq 40$ (дБ).

Оцінка здійснюється за дією електричного поля, яке є складовою електромагнітного. Допустимі коливання напруги:

$$U_d = U_{ж} + \frac{U_{ж} N}{100} = 220 + \frac{220 * 5}{100} = 231 \text{ (В)}, \quad (5.4)$$

де $U_{ж}$ – напруга живлення від електричної мережі;

N – допустиме відхилення напруги в системі живлення.

Зазвичай все обладнання знаходиться у телекомунікаційній шафі, і всі кабелі живлення будуть у вертикальному положенні, тому на напругу наведення у горизонтальній струмопровідній частині можна не зважати. Знаходиться напруга наведення у вертикальній струмопровідній частині обладнання, використовуючи формулу для знаходження коефіцієнта безпеки.

$$K_{бв} = 20 \lg \frac{U_d}{U_{\epsilon}} \Rightarrow U_B = \frac{U_d}{10^{\frac{K_{бв}}{20}}} \quad (5.5)$$

$$U_B = \frac{231}{10^{\frac{40}{20}}} = 2,31 \text{ (В)} \quad (5.6)$$

З цього можна зробити наступний висновок – для безпечної роботи системи оповіщення необхідно, щоб напруги наведення не перевищували 2,31 (В).

За значенням напруги наведення складові напруженості електричного поля становитимуть:

$$E_{\epsilon} = \frac{U_{\epsilon}}{l_{\epsilon}}; \quad (5.7)$$

$$E_B = \frac{U_B}{l_B} \quad (5.8)$$

де l_{ϵ} – загальна довжина струмопровідних частин обладнання, кабелів живлення.

Середня за величиною система зв'язку містить в собі багато комунікаційного обладнання, тому загальна довжина струмопровідних частин складає в середньому 50м.

$$E_z = \frac{U_e}{l_e} = \frac{2,31}{50} = 0,046 \text{ (В)}; \quad (5.9)$$

$$E_e = \frac{E_z}{10^{-3}} = \frac{0,046}{10^{-3}} = 46 \text{ (В)}. \quad (5.10)$$

Для безпечної роботи системи оповіщення в умовах дії електромагнітного імпульсу вертикальна складова частина напруженості електричного поля повинна бути меншою 46 (В).

5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи оповіщення в умовах дії загрозливих чинників НС

Для покращення безпеки роботи системи оповіщення то необхідно виконувати заходи, які допоможуть зберегти стійкість системи оповіщення до відмов та різних несанкціонованих проникнень.

Для захисту розробки, як і любых радіоелектронних пристроїв від дії іонізуючих випромінювань можна використати алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багатошарові матеріали. Також для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати новітній вітчизняний метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, що розміщується на поверхнях даних елементів, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання, відмінним тим, що захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

Найкращим для захисту від електромагнітного імпульсу є захищене металічним екраном приміщення, в якому розміщена радіоелектронна апаратура. Оскільки такий захист в ряді випадків неможливо виконати, то

використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки та плівкові покриття вікон, стільникові металеві конструкції для повітрозбірників та вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, що розміщуються по периметру дверей і люків. Для захисту від проникнення електромагнітного імпульсу в апаратуру через різні кабельні вводи використовується перехід від електронних систем зв'язку до практично не залежних від впливів ЕМІ волоконно-оптичних. Також для захисту кабельних вводів використовують в їх конструкції фільтрів та встановлення вбудованих зенерівських діодів.

В ході виконання було розглянуто вплив іонізуючого випромінювання та ЕМІ на компоненти схеми, виконано розрахунки з яких видно, що ні один з класів елементів схеми не зазнає більшого впливу за граничне значення, також розраховано термін безпечної роботи пристрою, який складає 17313год. Що стосується впливу електромагнітного імпульсу, то з урахуванням необхідного рівня коефіцієнта безпеки було розраховано значення напруженості електричного поля.

Також в даному розділі нами було оцінено стійкість роботи системи оповіщення в умовах дії загрозливих чинників НС. Розглянувши можливі проблеми нестійкої роботи системи оповіщення, що можуть виникати необхідно застосовувати всі методи для підвищення безпеки. Для безпечної роботи системи оповіщення в умовах дії електромагнітного імпульсу вертикальна складова частина напруженості електричного поля повинна бути меншою 46 (В). При виконанні таких заходів безпеки, як оновлення системи, системи оповіщення буде працювати безвідмовно тривалий час, та не буде виникати непередбачуваних випадків НС інформаційного характеру.

ВИСНОВКИ

1. Для дослідження системи екстрених служб використовується метод декомпозиції теорії телетрафіка, що передбачає розбиття системи на окремі елементи. Розрахунок характеристик досліджуваної системи здійснюється на основі відповідних характеристик її елементів - центрів обслуговування викликів.

2. Метод RDA дозволяє оцінити характеристики потоку надлишкового трафіку на виході ЦОВ-НС, і порівнювати варіанти його розподілу між ЦОВ, об'єднаних в систему екстрених служб

3. Пропонується керувати потоками надлишкового трафіку екстрених викликів, методами, рекомендованими МСЕ-Т для телекомунікаційних мереж та систем.

4. Розроблено математичні моделі функціонування системи екстрених служб та програми розрахунку на ЕОМ, що дозволили порівнювати варіанти організації системи з урахуванням сукупності факторів, що визначають її пропускну здатність; оцінювати вплив оперативного резерву в ЦОВ на якість обслуговування екстрених викликів із зони НС та у конкретних зонах відповідальності; дати рекомендації щодо вибору структури системи екстрених служб, використання методів керування надлишковим трафіком та формування ланцюжків маршрутизації.

5. Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускну здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» складають 286656,74 грн. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Підвищення пропускну здатності системи оповіщення про надзвичайні ситуації» є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи $K_p > 1$, що свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кринична І.П., Марченко Г.Б., Білошицький Р.М, Реагування на надзвичайні ситуації: Навч. посіб. Ї К.: Вид-во «БланкПрес», 2014. Ї 210 с.
2. Цивільний захист у схемах: навч. посібник / А.О. Собакарь, Д.Г. Казначеев, В.Д. Поливанюк, О.І. Бойко. Дніпро: Дніпроп. держ. ун-т внутр. справ, 2018. 144 с.
3. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д.Соловьев. – М.: Либроком. – 2013. – 584 с.
4. Ефремова, О.А. Интеграция информационных систем городских экстренных служб на основе многомерных моделей данных / О.А Ефремова, С.В. Плеханов, О.С. Саубанов// Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление 4(224)2015. - С. 7-17.
5. Киричек, Р. В. Беспилотный летательный аппарат как система массового обслуживания / Р. В. Киричек, А. И. Парамонов // Электросвязь. — 2015. — № 7. — С. 16–19.
6. Киричек, Р. В. Анализ использования БПЛА как узла сети VANET / Р. В. Киричек, П. А. Шилин // Информационные технологии и телекоммуникации. — 2015. — № 4. — С. 87–96.
7. Костин, А.А. Проектирование системы централизованного управления ССОП России в чрезвычайных ситуациях / А.А. Костин // Электросвязь. – 2013. – №3. – С. 41- 46.
8. Кучерявый, А.Е. Теоретические и практические направления исследований в области летающих сенсорных сетей / А.Е. Кучерявый, А.Г. Владыко, Р.В. Киричек // Электросвязь. – 2015. – № 7. – С. 9-11.
9. Леваков А.К. Сеть связи следующего поколения в чрезвычайных ситуациях. Анализ моделей трафика/ А.К. Леваков. – М.: ИРИАС. – 2019. – 124 с.
10. Леваков, А.К. Новые задачи обслуживания трафика в чрезвычайных ситуациях / А.К. Леваков // Электросвязь. – 2014. – №4. – С. 27-29

11. Леваков, А.К. Оценка методов снижения телефонного трафика, порождаемого реакцией абонентов на событие / А.К. Леваков, М.В. Кабанов, Н.В. Пинчук, Н.А Соколов // Вестник связи. – 2015. – №2. – С. 12–15.
12. Лихтциндер, Б.Я. Трафик мультисервисных сетей доступа (интервальный анализ и проектирование)/ Б.Я. Лихтциндер. -М.:Горячая линия – Телеком. – 2018. – 290 с.ил.
13. Методические рекомендации по правилам построения и функционирования телекоммуникационной системы обеспечения экстренных оперативных по единому номеру «112»//министерство связи и массовых коммуникаций РФ. Москва 2017 г. - 52 с.
14. Мохаммед, О.А.А. Результаты расчета ресурса каналов БПЛА при использовании в системах профессиональной радиотелефонной связи. /О.А.А Мохаммед // Труды Международного форума информатизации (МФИ-2019),Горячая линия - Телеком, Москва, 2019, С.82-83.
15. Мохаммед, О.А.А. Организация обслуживания экстренных вызовов в дежурно-диспетчерских службах. /О.А.А Мохаммед // Труды Международного форума информатизации (МФИ-2019). Горячая линия - Телеком, Москва, 2019, С.83-85
16. Мохаммед, О.А.А. Методика расчета центров обслуживания вызовов при внедрении программно-аппаратного комплекса «Система 112»/ О.А.А Мохаммед, И.В.Степанова // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. – 2018. - Т7, №3. - С.43-48
17. Мохаммед, О.А.А. Методы резервирования для повышения надежности в системах профессиональной радиотелефонной связи/ О.А.А Мохаммед, И.В.Степанова // Труды Международного форума информатизации (МФИ-2017). – М.: Горячая линия – Телеком. – 2017. - С.34-35
18. Мохаммед, О.А.А. Метод повышения пропускной способности системы 112 за счет объединения ресурсов единых дежурно-диспетчерских служб/ О.А.А Мохаммед, И.В.Степанова // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. – 2019. – Т8, №3.- С.39-43.
19. Пшеничников, А.П. Теория телетрафика. Учебник для вузов/ А.П

Пшеничников.: — Горячая линия — Телеком, 2017. - 212 с.:ил.

20. Рекомендация МСЭ-Т Y.1271 (07/2014) Принципы в отношении требований к сетям и возможностей сетей для обеспечения электросвязи в чрезвычайных ситуациях по сетям связи, находящимся в стадии перехода от коммутации каналов к коммутации пакетов, 2014. -28 р.

21. Состав оборудования и технические характеристики муниципальных оборудования, применяемого докладов в ЦОВ. Ростов-на-Дону, 2016 г. - 60 с.

22. Степанов С.Н. Теория телетрафика: концепции, модели, приложения/ С.Н. Степанов. – М. : горячая линия - Телеком, 2015. - 868с.:ил. - (Серия «Теория и практика инфокоммуникаций»)

23. Степанова, И. В. Расчет характеристик центров обслуживания вызовов. / И.В.Степанова. М.: Издательство «Горячая линия – Телеком». - 2017. – 72 с.

24. Степанова, И. В. Анализ перспективных подходов к повышению надежности конвергентных корпоративных сетей связи. / И.В.Степанова, М. О. А. Абдулвасае, Н. Жувен // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. - 2015. - Том 9, №12. - С.44-51

25. Степанова, И. В. Проектирование систем радиотелефонной связи стандарта TETRA. / И.В.Степанова // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. – 2017. - Том 11, №1. - С.10-16.

26. Степанова И.В., Мохаммед О.А.А., Адылбекова К.А. Методика проектирования систем профессиональной связи стандарта TETRA с учетом показателей надежности // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. – 2017. - Т6. - №4. - С.36-41.

27. Степанова, И.В. Использование перспективных технологий для развития распределенных корпоративных сетей связи/ И.В.Степанова, О.А.А. Мохаммед // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №6. С. 10-15.

28. Степанова, И.В. Методика организации и проектирования дежурно- диспетчерские служб/ И.В.Степанова, О.А.А. Мохаммед, К.А.

Адылбекова // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. – 2018. – Т7, №1.- С.52-55.

29. Степанова, И.В. построение распределенных и централизованных систем профессиональной радиотелефонной связи стандартов DMR и TETRA / И.В. Степанова, О.А.А. Мохаммед, А.С. Серебряков // Технологии информационного общества. Сборник трудов XIII международной отраслевой научно-технической конференции « технологии информационного общества ».(20-21 марта 2019 г. Москва, МТУСИ). В 2-х томах. М: «ИД Медиа Паблшер», Том.1. С.85-88

30. Шемахин, Е.Ю. моделирование многоканальных открытых система массового обслуживания с ограничениями в среде Visual Studio2010 / Е.Ю. Шемахин, А. П. Кирпичников // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. –Т.18. – №3.– С.263 -268.

31. ITU-D 2-я study Group 2, Final Report (Question 5/2: Utilization of telecommunications / ICTs for disaster preparedness, mitigation and response6th Study Period 2014-2017). 2017. – 92 p.

32. ITU Guidelines for national emergency telecommunication plans, 2019. –104 p.

33. ITUGET 2019 Background document Emergency Telecommunications, Disruptive technologies and their use in disaster risk reduction and management, 2019. – 60 p.

34. Iversen, V. B. (2015). Teletraffic engineering and network planning / V. B. Iversen DTU Fotonik. 2015. –398 p.

35. Koole G. M. (2015). Optimization of Overflow Policies in Call Centers / G. M. Koole, B. F. Nielsen, T. B. Nielsen // The Engineering and Informational Sciences, 2015. – P. 461–471.

36. Mohammed, O.A.A. (2020) Development of approaches to ensure reliable emergency communications in emergencies/ O.A.A. Mohammed //T-Comm. – 2020. – Vol.14, №1.–P.42-48.

37. Mohammed, O.A.A. COMPARISON OF OPTIONS FOR BUILDING AN EMERGENCY CALL SYSTEM/ O.A.A. Mohammed //

SUNHROINFO JOURNAL – INSTITUTE OF RADIO AND INFORMATION SYSTEMS. – 2020. – T.6, №1. P. 16-22.

38. Mohammed, O.A.A. (2020) Method for increasing the capacity of the emergency response system/ O.A.A. Mohammed //T-Comm.–2020.–Vol.14, №5.– P. 62-68.

39. Recommendation ITU-T E.102 (12/2019) Terms and definitions for disaster relief systems, network resilience and recovery, 2019. – 20 p.

40. Stepanova, I. V. Sharing TETRA System Resources and Unmanned Aerial Vehicles/ I. V. Stepanova, O. A. A Mohammed // 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Moscow, Russia, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109 /IEEE CON F48 371.2020.9078543.

41. Supplement 68 to ITU-T Q-series (12/2015) Recommendations Technical Report on emergency telecommunications service (ETS) interoperability limitations, 2015. – 52 p.

42. Martin, S. Evolution of TETRA To a 4G All-IP Broadband Mission Critical VoicePlus Data Professional Mobile Radio Technology / S. Martin, S. Peter, K. Stephan, G. Tony, 2011. – 11 p.

43. Linda.k. Emergency Communication: Broadband and the Future of 911/K. Linda. – 2010. – 30 p.

44. Щербакова, Е.Н. К вопросу об обеспечении взаимодействия ССОП с единой дежурно-диспетчерской службой «112» / Е.Н. Щербакова // Вестник связи. – 2011. № 1. - С. 11-17.

45. Варгатюк Г.Л., Урсан М.І., Куцолабський В.П. Технології надшільних мереж рухомого зв'язку // Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СПРН-2021): матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції, м. Вінниця, 03-05 листопада 2021 р. – Вінниця, ВНТУ, 2021. – 1-4 с.

46. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

47. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

48. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

49. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. ДСН 3.3.6.042–99 [Електронний ресурс]. –Режим доступу: <http://www.dnaop.com>.

50. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_praop_0_00-7_15-18_01_ua.php

51. СНиП 2.04.05-91*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://dnaop.com/html/1671/doc-%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F_2.04.05-91_%D0%A3

52. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

53. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

54. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.html

Додаток А
(обов'язковий)

ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав.кафедри ТКСТБ ВНТУ,

докт. техн. наук, професор

В.М. Кичак

“ _ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ СИСТЕМИ ОПОВІЩЕННЯ
ПРО НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ**

08-34.МКР.005.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц. кафедри ТКСТБ ВНТУ

Васильківський М.В.

Виконавець: ст. гр. ТКС-20м

Куцолабський В.П.

Вінниця-2021

1 ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Робота проводиться на підставі наказу ректора по Вінницькому національному технічному університету від “24” 09 2021 року № 277 та індивідуального завдання на магістерську кваліфікаційну роботу.

Дата початку роботи: 01.09.2021 р.

Дата закінчення: 20.12.2021 р.

2 МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження і розробка методу підвищення пропускної спроможності системи екстрених служб при виникненні надзвичайної ситуації, що враховує особливості організації взаємодопомоги і можливість виділення оперативного резерву в центрах обслуговування викликів.

Задачами магістерської кваліфікаційної роботи є:

- розробка технічного завдання;
- аналіз варіантів організації системи екстрених служб із залученням перспективних методів розподілу надлишкового трафіку, що дозволяють підвищити пропускну здатність системи екстрених служб;
- розробка математичної моделі функціонування системи екстрених служб для аналітичної оцінки стійкості до перевантажень ЦОВ-НС;
- розробка математичної моделі функціонування цифрової системи професійної радіотелефонного зв'язку в поєднанні з БПЛА, що дозволяє врахувати особливості різних режимів її використання при ліквідації наслідків НС;
- Проведення комп'ютерного моделювання функціонування системи екстрених служб в режимі online з використанням інформаційних масивів, в яких

згруповані дані про надходження заявок на обслуговування, тривалості їх обслуговування, наявності ресурсу вільних операторів.;

Об'єктом дослідження є система екстрених служб, що об'єднує операторські ресурси центрів обслуговування викликів для забезпечення практично безвідмовного обслуговування викликів із зони НС.

Предмет дослідження математичні моделі, що формалізують процеси функціонування системи екстрених служб в умовах виникнення НС, а також математичні моделі, що формалізують використання систем цифрового транкінгового зв'язку із залученням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як додаткового ресурсу зв'язку в «Системі 112» при ліквідації наслідків НС

Основними завданнями роботи є:

- техніко-економічне обґрунтування доцільності даної розробки;
- аналіз особливостей побудови і визначення підходів до підвищення пропускної здатності систем обслуговування екстрених викликів;
- розробка математичних моделей функціонування системи обслуговування екстрених викликів, дослідження підходів до ефективного використання ресурсів;
- аналіз економічної ефективності проведеної розробки;
- дослідження питань безпеки життєдіяльності.

Розроблений в ході виконання метод підвищення пропускної здатності екстрених служб вперше дозволяє при виборі структури системи і оцінці необхідних технічних ресурсів враховувати вимоги потенційної стійкості ЦОВ в зоні НС до перевантажень, а також особливості передачі надлишкового трафіку в зоні, не порушені НС.

3 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ МКР

Робота базується на результатах звіту із переддипломної практики “Підвищення завадостійкості та інформаційної ефективності телекомунікаційних радіосистем”, який виконувався у ВНТУ у 2021/2022 н.р. Під час підготовки магістерської кваліфікаційної роботи будуть використані

матеріали цього звіту.

Список використаних джерел розробки:

3.1 Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и применение / Бернад Скляр ; [пер. с англ]. – М.: Изд. Дом “Вильямс”, 2003. – 1104с.

3.2 Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д.Соловьев. – М.: Либроком. – 2013. – 584 с.

3.3 Леваков А.К. Сеть связи следующего поколения в чрезвычайных ситуациях. Анализ моделей трафика/ А.К. Леваков. – М.: ИРИАС. – 2019. – 124 с.

3.4 Лихтциндер, Б.Я. Трафик мультисервисных сетей доступа (интервальный анализ и проектирование)/ Б.Я. Лихтциндер. -М.:Горячая линия – Телеком. – 2018. – 290 с.

3.5 Пшеничников, А.П. Теория телетрафика. Учебник для вузов/ А.П Пшеничников.: — Горячая линия — Телеком, 2017. - 212 с.

3.6 Степанова, И. В. Расчет характеристик центров обслуживания вызовов. / И.В.Степанова. М.: Издательство «Горячая линия – Телеком». - 2017. – 72 с.

3.7 Iversen, V. B. (2015). Teletraffic engineering and network planning / V. B. Iversen DTU Fotonik. 2015. –398 p.

3.8 Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. А. О. Семенов, Л. П. Громова, Т.В. Макарова, Сердюк О.В. – Вінниця: ВНТУ, 2021 – 60 с.

3.9 Кухарчук В.В., Ігнатенко О.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) для студентів всіх спеціальностей.- В.: ВДТУ, 2002.

3.10 Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – В.: ВДТУ, 2003.

3.11 ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація, звіти у сфері науки і техніки.- К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016.

3.12 Разработка и оформление конструкторской документации радиоэлектронной аппаратуры. Справочник. Под ред. Э.Т.Романьчевой.- М: Радио и связь, 1989.

3.13 Бортник Г.Г., Васильківський М.В. Методичні вказівки до підготовки магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання.- Вінниця:ВНТУ, 2018.- 50 с.

4 ВИКОНАВЕЦЬ

Вінницький національний технічний університет, кафедра телекомунікаційних систем та телебачення, студент групи ТКС-20м Куцолабський В.П..

5 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ МКР

Пропонується виконати дослідження методу підвищення точності широкосмугових імпульсно-кодових модуляторів

Технічні вимоги, яким повинна відповідати розробка, наступні:

- технологія організації ТКС для оповіщення про НС – TETRA;
- діапазон зміни ємності операторських служб - 10-24 Ерл;
- діапазон зміни ймовірності направлення екстрених викликів на обслуговування в інтерактивне голосове меню останнього в ланцюжку ЦОВ – 0,004093-0,181313;
- діапазон зміни середньої за системою ймовірності направлення екстрених викликів на обслуговування в IVR одного з ЦОВ системи – 0,000803-0,121270;
- діапазон зміни інформаційного трафіку при надзвичайній ситуації - 50-80 Ерл;
- діапазон зміни кількості ЦОМ в телекомунікаційній мережі – 20-40;
- діапазон зміни коефіцієнту потенційної стійкості ЦОВ НС до перевантажень – 1,81-11,55;

- діапазон зміни допустимої інтенсивності навантаження на ТКС при НС – 18,12-123,54 Ерл;

- діапазон зміни необхідної кількості робочих місць операторів в ЦОВ при виникненні НС в одному районі – 14-78;

- діапазон зміни необхідної кількості робочих місць операторів в ЦОВ при виникненні НС в двох районах – 19-60;

- діапазон зміни кількості каналів передавання у напрямку БПЛА – 13-31.

При розробці ТКС слід максимально використовувати стандартні та уніфіковані деталі.

6 ЕТАПИ МКР І ТЕРМІНИ ЇХ ВИКОНАННЯ

№	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчення		
1.	Розробка технічного завдання (ТЗ)	01.09.2021р.	10.09.2021р.	Розроблене ТЗ	Додаток А
2.	Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО)	11.09.2021р.	17.09.2021р.	Розроблене ТЕО	Вступ. Розділ 1.
3.	Розробка математичних моделей функціонування системи обслуговування екстрених викликів	18.09.2021р.	01.10.2021р.	Розроблена математична модель	Розділ 2
4.	Дослідження підходів до ефективного використання ресурсів	02.10.2021р.	29.10.2021р.	Розроблений метод	Розділ 3
5.	Аналіз економічної ефективності	20.11.2021р.	30.11.2021р.	Економічна частина МКР	Розділ 4
6.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.2021р.	06.12.2021р.	Частина ОТ та БНС	Розділ 5

7.	Оформлення пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини	07.12.2021р.	13.12.2021р.	Оформлена документація	ПЗ та графічна частина
8.	Нормоконтроль, попередній захист, опонування МКР	14.12. 2021р.	17.12.2021р.	Позитивні відзиви	Відгуки
9.	Захист МКР ЕК		20.12.2021р.	Позитивний захист	Протокол ЕК

7 ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОРЯДОК РЕАЛІЗАЦІЇ МКР

В результаті виконання роботи будуть розроблені:

- функціональна модель системи екстрених служб;
- узагальнена функціональна модель розподілу трафіку в системі екстрених служб;
- структура функціонування системи екстрених служб;
- структура функціонування системи зв'язку з БПЛА;
- структура функціонування радіо-інтерфейсу базової станції мережі TETRA;
- структура функціонування ЦОВ оперативного реагування;
- економічна частина МКР;
- розділ ОП та БНС;
- рекомендації щодо подальшого використання розробленого сегменту мережі.

Результати, отримані в процесі виконання даної роботи, будуть впроваджені в галузі телекомунікацій:

- Регіональний Центр експлуатації телекомунікаційної мережі України шляхом розширення можливостей системи професійного радіотелефонного зв'язку в зоні ліквідації наслідків НС;

- ПАТ “Укртелеком” шляхом підвищення пропускної здатності екстрених служб при виборі структури системи і оцінці необхідних технічних ресурсів враховувати вимоги потенційної стійкості ЦОВ в зоні НС до перевантажень, а також особливості передачі надлишкового трафіку в зони, не порушені НС.

Очікуваний техніко-економічний ефект. При впровадженні результатів досліджень очікується підвищення пропускнуєї спроможності системи екстрених служб при виникненні надзвичайної ситуації, що враховує особливості організації взаємодопомоги і можливість виділення оперативного резерву в центрах обслуговування викликів.

8 МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ ТА ПІД ЧАС ЕТАПІВ

За результатами виконання МКР до ЕК подаються пояснювальна записка, графічна частина МКР, відзив і рецензія.

9 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ МКР ТА ЇЇ ЕТАПІВ

Поетапно результати виконання МКР розглядаються керівником роботи та обговорюються на засіданні кафедри.

Захист магістерської кваліфікаційної роботи відбувається на відкритому засіданні ЕК.

10 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація, що розробляється в процесі виконання досліджень повинна містити:

- техніко-економічне обґрунтування розробки;
- функціональну модель системи екстрених служб;
- узагальнену функціональну модель розподілу трафіку в системі екстрених служб;
- структуру функціонування системи екстрених служб;
- структуру функціонування системи зв'язку з БПЛА;
- структуру функціонування радіо-інтерфейсу базової станції мережі TETRA;
- структуру функціонування ЦОВ оперативного реагування;
- економічну частину та розділ БЖД і ЦЗ;

- рекомендації щодо подальшого використання системи.

11 ВИМОГИ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

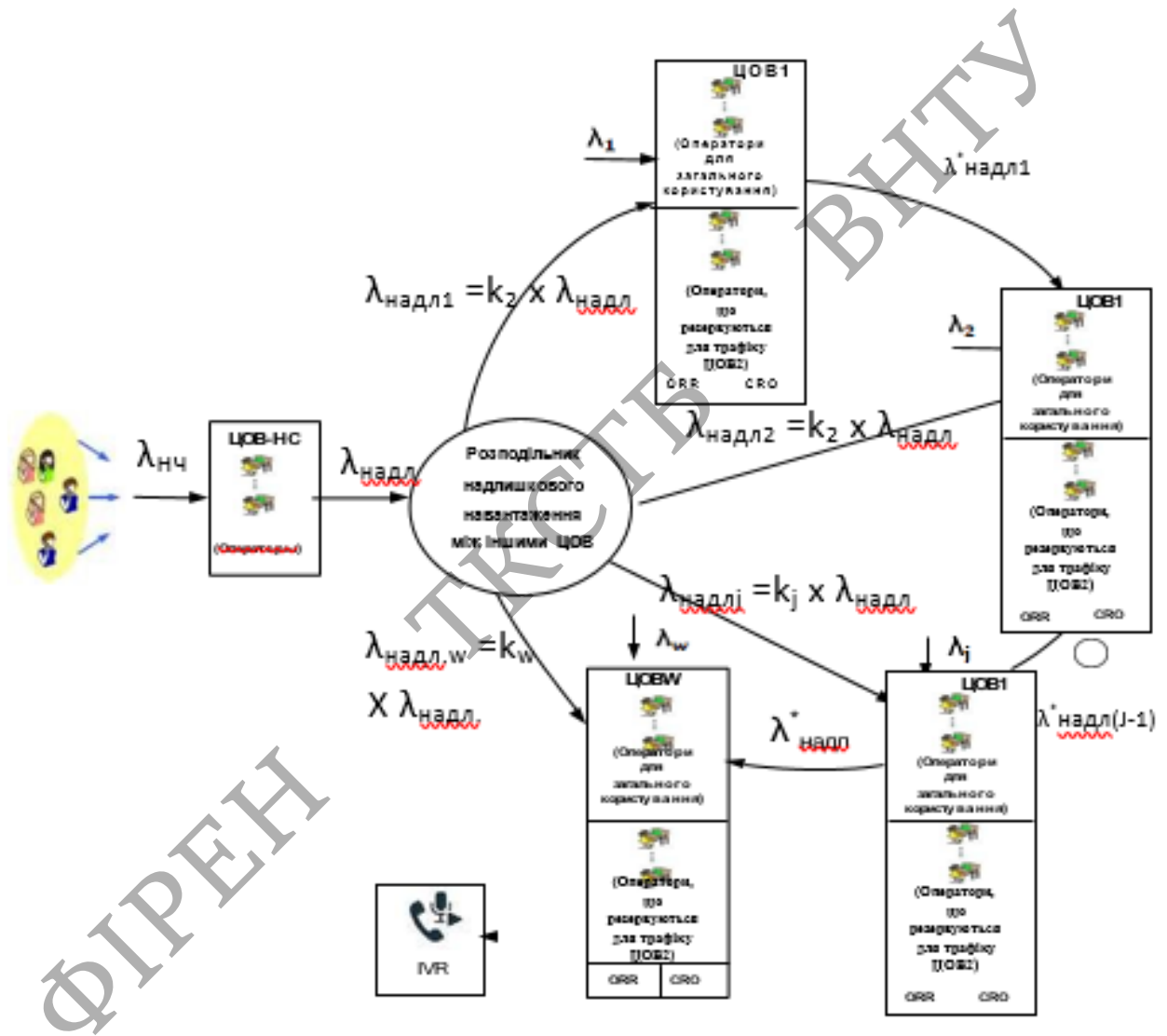
ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ

Додаток Б
(обов'язковий)

Функціональна модель системи екстрених служб



08-34.МКР.005.00.000 Е8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Куцолабський В.П.		
Перевір.		Васильківський М.В.		
Реценз.				
Н. Контр.		Васильківський М.В.		
Затверд.		Кичак В.М.		

Функціональна модель системи екстрених служб

Літ.	Арк.	Акрушів
	1	1

ВНТУ, гр.ТКС-20м

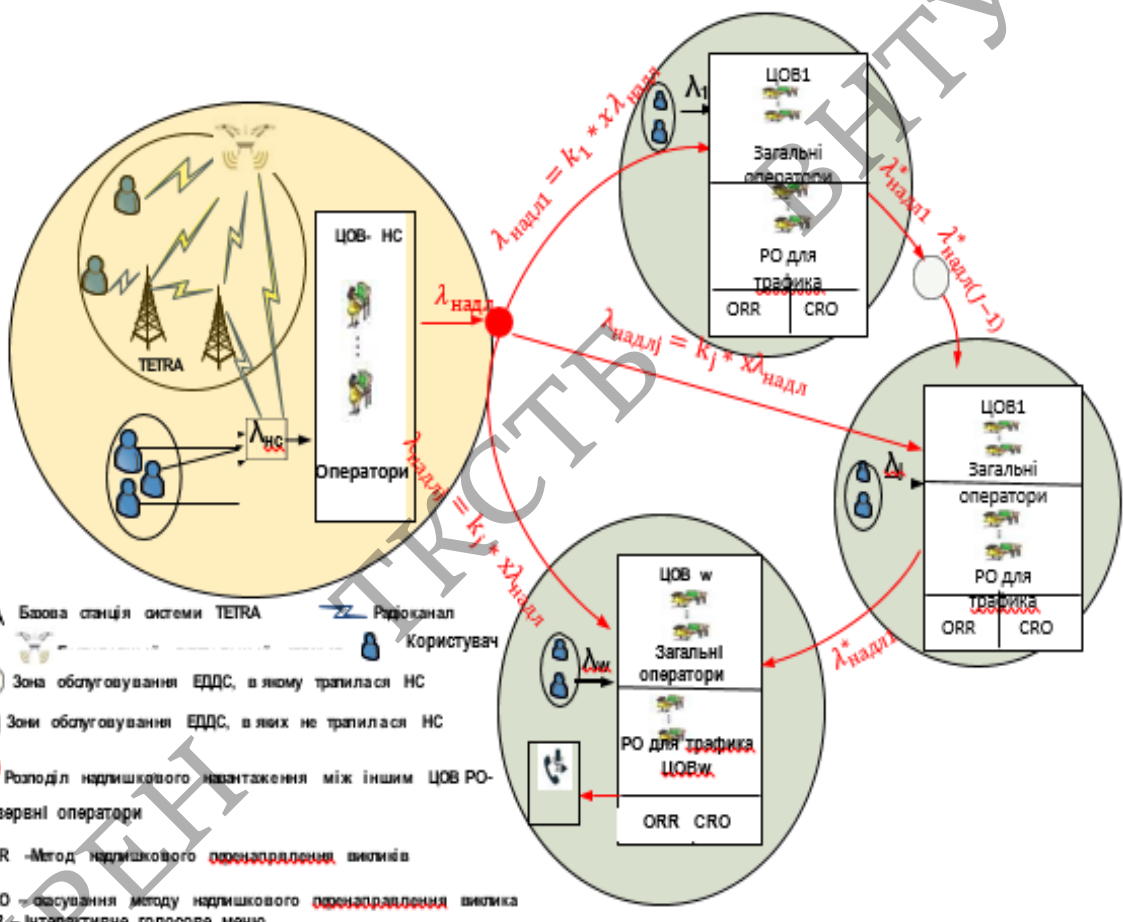
Додаток В
(обов'язковий)

Узагальнена функціональна модель розподілу трафіку в системі екстрених
служб

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



08-34.МКР.005.00.000 Е8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Куцолабський В.П.		
Перевір.		Васильківський М.В.		
Реценз.				
Н. Контр.		Васильківський М.В.		
Затверд.		Кичак В.М.		

Узагальнена функціональна модель розподілу трафіку в системі екстрених служб

Літ.	Арк.	Акрушів
	1	1
ВНТУ, гр.ТКС-20м		

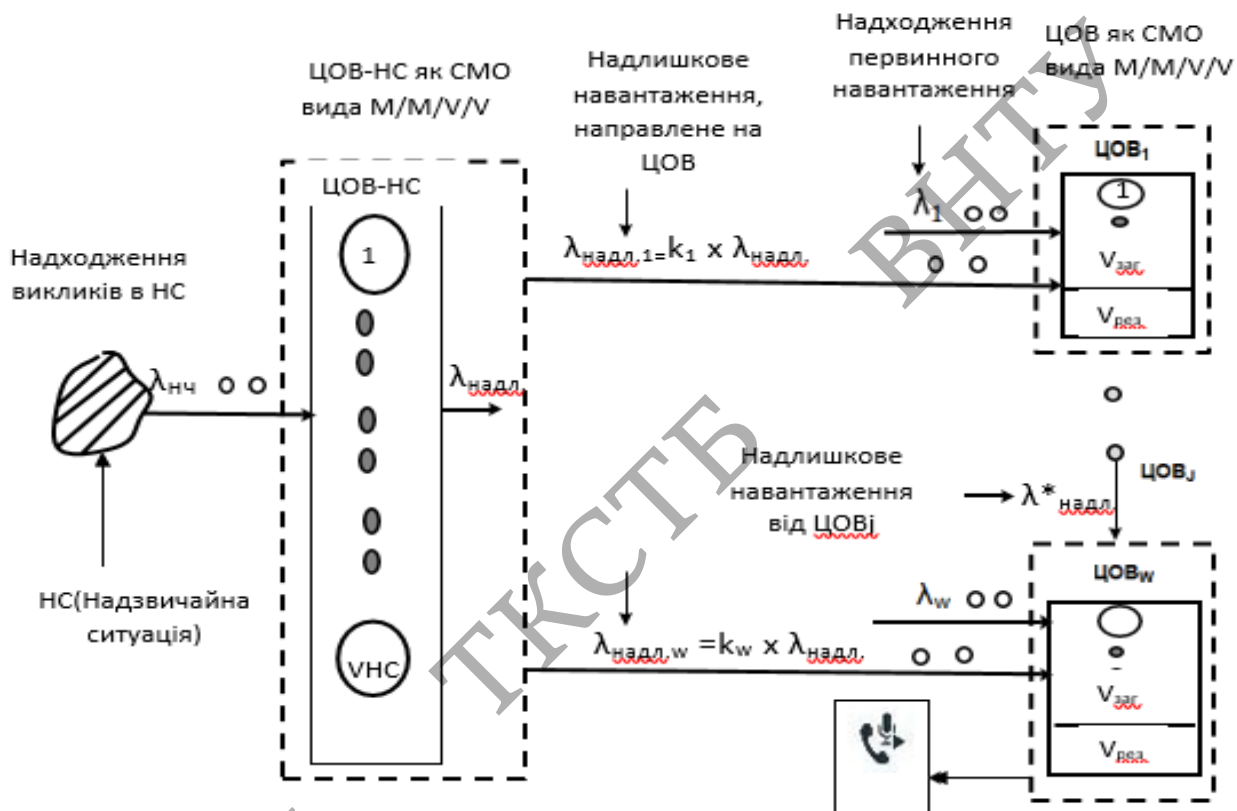
Додаток Г
(обов'язковий)

Структура функціонування системи екстрених служб

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



ФІРЕН

					08-34.МКР.005.00.000 Е8			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Куцоласький В.П.			Структура функціонування системи екстрених служб	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Васильківський М.В.					1	1
Реценз.						ВНТУ, гр.ТКС-20м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.						
Затверд.		Кичак В.М.						

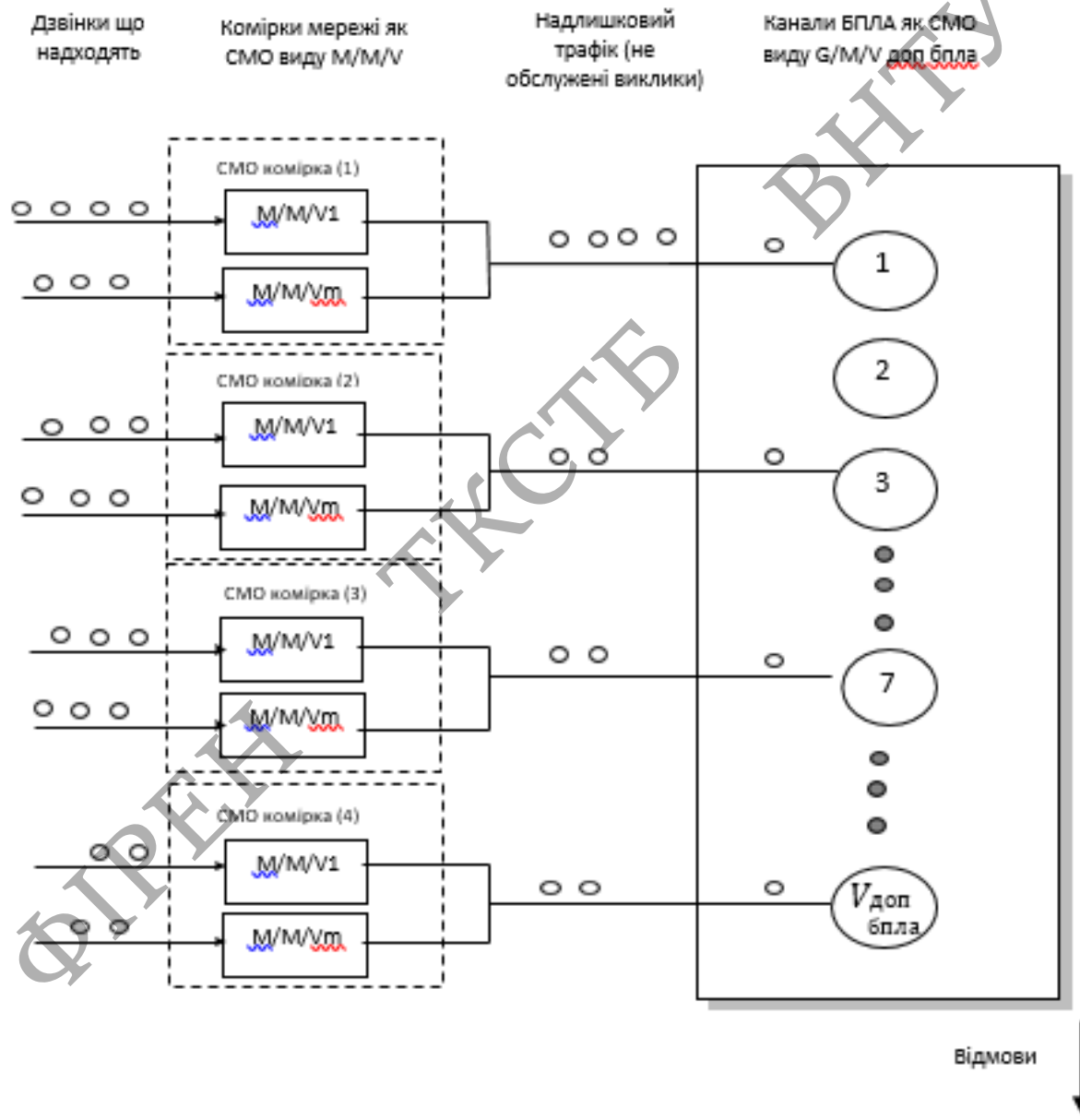
Додаток Д
(обов'язковий)

Структура функціонування системи зв'язку з БПЛА

ФІРЕН

ТКСТБ

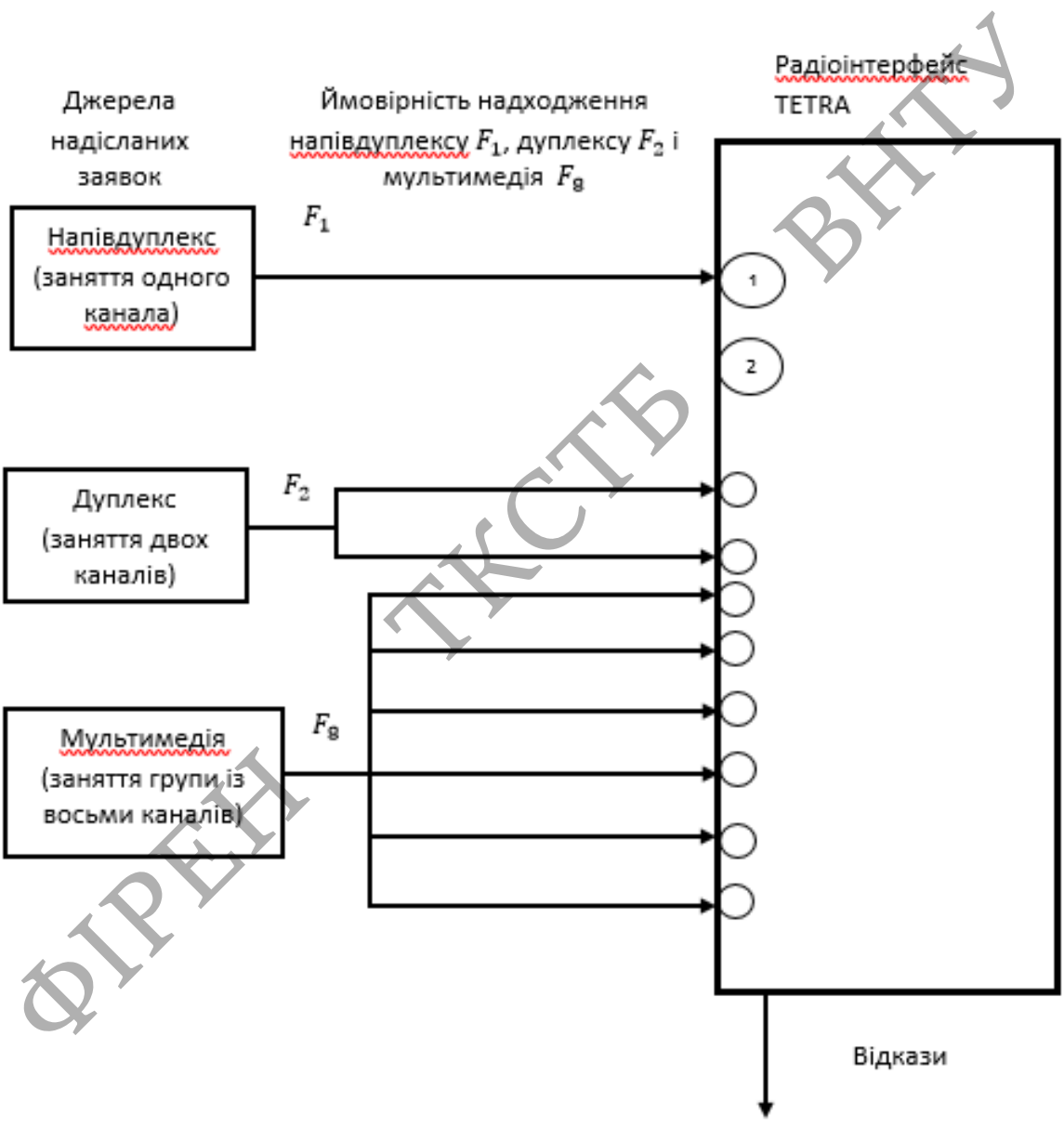
ВНТУ



					08-34.МКР.005.00.000 Е8					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Структура функціонування системи зв'язку з БПЛА					
Розроб.		Куцоласький В.П.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Васильківський М.В.							160	2
Реценз.								ВНТУ, гр.ТКС-20м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.								
Затверд.		Кичак В.М.								

Додаток Е
(обов'язковий)

Структура функціонування радіо-інтерфейсу базової станції мережі TETRA



					08-34.МКР.005.00.000 Е8		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Куцоласький В.П.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Васильківський М.В.				162	1
Реценз.					ВНТУ, гр.ТКС-20м		
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Кичак В.М.					
Структура функціонування радіоінтерфейсу базової станції мережі TETRA							

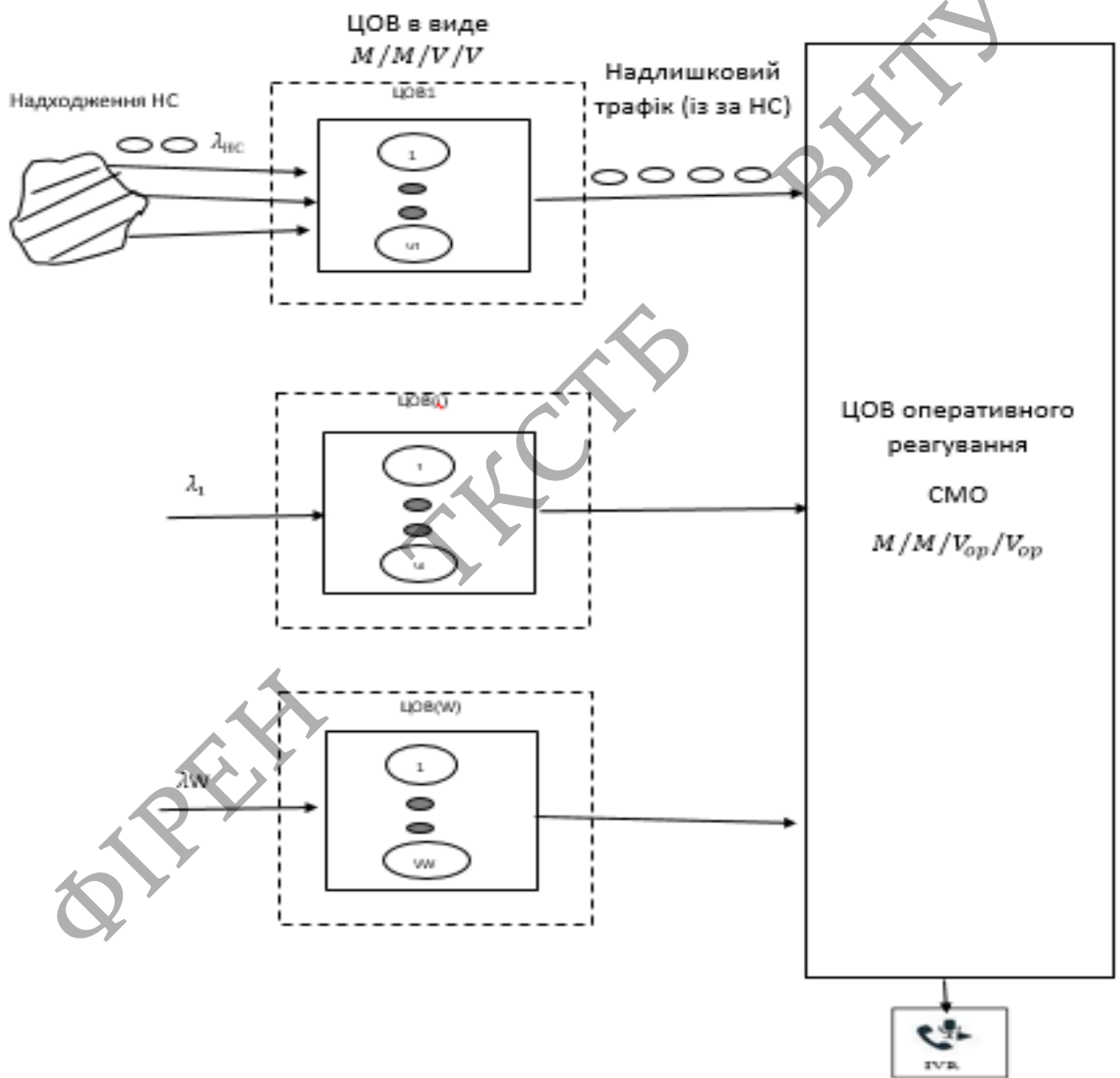
Додаток Є
(обов'язковий)

Структура функціонування ЦОВ оперативного реагування

ФІРЕН

ТКСТБ

ВНТУ



08-34.МКР.005.00.000 Е8

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Куцолабський В.П.			Структура функціонування ЦОВ оперативного реагування		
Перевір.		Васильківський М.В.					
Реценз.							
Н. Контр.		Васильківський М.В.					
Затверд.		Кичак В.М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						1	1
					ВНТУ, гр.ТКС-20м		