

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту</u>
Кафедра	<u>комп'ютерної інженерії</u>
Ступінь вищої освіти	<u>бакалавр</u>
Спеціальність	<u>123 «Комп'ютерна інженерія»</u>
Освітня програма	<u>Мережеві технології та інтернет речей</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії

Сергій АРТЕМЕНКО

« 30 » серпня 2023 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Стаднюка Андрія Юрійовича

1. Тема роботи Дослідження структурної живучості мереж зв'язку

Затверджена наказом університету від « 30 » серпня 2023 р., наказ № 442-03

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи 28 травня 2024 р.

3. Вихідні дані роботи об'єкти проектування: імітаційна модель та система оцінки живучості узагальненої мережі зв'язку; джерела інформації: міжнародні та національні нормативні документи у галузі зв'язку та надійності технічних систем; документація на табличний процесор Microsoft Excel та середовище розробки Microsoft Office VBA.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Вступ. 2. Передпроектний аналіз. 3. Технічне завдання на проектування. 4. Методика оцінки відповідності мережі заданим вимогам по живучості. 5. Проектування програмного забезпечення системи. 6. Реалізація системи. 7. Дослідження живучості мереж різної структури. 8. Техніко-економічне обґрунтування. 9. Охорона праці. 10. Загальні висновки.

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

Слайд 1. Характеристика кваліфікаційної роботи. Слайд 2. Основні положення мережевої живучості. Слайд 3. Моделювання структури мережі. Слайд 4. Математична модель оцінки структурної живучості мережі. Слайд 6. Структура системи підтримки дослідження. Слайди 7-10. Алгоритми. Слайд 11. Інтерфейс користувача. Слайд 12. Результати дослідження. Слайд 13. Техніко-економічні показники. Слайд 14. Висновки.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіка	<i>Phd, ст. викл. Богданов О.О.</i>		
Охорона праці	<i>к.т.н., доц. Ненов О.Л.</i>		
Нормоконтроль	<i>ст. викл. Бондаренко В.Г.</i>		

7. Дата видачі завдання 30.08.2023

Керівники Олексій НСНОВ
Валерій БОНДАРЕНКО

Завдання прийняв до виконання Андрій СТАДНЮК

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Дослідження предметної області</i>	<i>26.10.2023</i>	
2.	<i>Моделювання структури мереж зв'язку</i>	<i>30.11.2023</i>	
3.	<i>Математична модель оцінки структурної живучості мережі</i>	<i>28.01.2023</i>	
4.	<i>Проектування системи програмної підтримки</i>	<i>15.02.2024</i>	
5.	<i>Програмна реалізація системи</i>	<i>27.03.2024</i>	
6.	<i>Дослідження мереж різної структури</i>	<i>15.04.2024</i>	
7.	<i>Підготовка техніко-економічної частини</i>	<i>29.04.2024</i>	
8.	<i>Підготовка розділу охорони праці</i>	<i>27.05.2024</i>	
9.	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>27.05.2024</i>	
10.	<i>Підготування презентації, оформлення додатків</i>	<i>29.05.2024</i>	

Здобувач-дипломник _____ *Андрій СТАДНЮК*

Керівники роботи _____ *Олексій НСНОВ*
_____ *Валерій БОНДАРЕНКО*

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник *Андрій СТАДНЮК* _____

АНОТАЦІЯ

Робота присвячена дослідженню структурної живучості мереж зв'язку. В першому розділі проаналізовані основні поняття живучості мереж, стан проблеми визначення та забезпечення структурної живучості мереж зв'язку, визначено складові поняття живучості, її особливості та показники.

В другому розділі розглянуто основні нормативні положення щодо оцінки живучості мереж зв'язку, вимоги до живучості, розроблено технічне завдання, на основі якого виконано проектування системи оцінки структурної живучості мереж зв'язку: розроблено модульну і функціональну структуру, а також основні алгоритми.

В третьому розділі описано реалізацію системи підтримки досліджень структурної живучості мереж на базі табличного процесора Microsoft Excel/VBA та середовища програмування Google Colab/Python. Висвітлено результати експериментальних досліджень мережевої живучості за показниками кількості шляхів та кількості зв'язаних пар вузлів.

В роботі також досліджено суміжні питання економічного обґрунтування дослідження та охорони праці користувача.

Ключові слова: *мережа, живучість, шлях, зв'язок, вузол, гілка, ребро.*

ABSTRACT

The work is devoted to the study of the structural viability of communication networks. In the first chapter, the main concepts of network survivability, the state of the problem of determining and ensuring the structural survivability of communication networks are analyzed, the constituent concepts of survivability, its features and indicators are defined.

In the second section, the main regulatory provisions regarding the assessment of the survivability of communication networks, the requirements for survivability, the technical task was developed, on the basis of which the design of the system for assessing the structural survivability of communication networks was performed: the modular and functional structure, as well as the main algorithms, were developed.

The third chapter describes the implementation of a support system for research into the structural viability of networks based on the Microsoft Excel/VBA spreadsheet processor and the Google Colab/Python programming environment. The results of experimental studies of network survivability based on the indicators of the number of paths and the number of connected pairs of nodes are highlighted.

Related issues of economic justification of research and user labor protection are also investigated in the work.

Keywords: *network, survivability, path, connection, node, branch, edge.*

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПЕРЕДПРОЕКТНОЇ СИТУАЦІЇ	11
1.1 Загальна постановка задачі. Поняття живучості мережі зв'язку	11
1.1.1 Загальна постановка задачі	11
1.1.2 Основні поняття в галузі живучості функціонування об'єктів і мереж зв'язку.....	12
1.2 Основні положення по забезпеченню живучості мереж зв'язку	15
1.3 Огляд методів аналізу живучості телекомунікаційних мереж.....	19
1.3.1 Загальні положення.....	19
1.3.2 Види методів розрахунку надійності.....	21
1.4 Огляд існуючих інструментальних засобів оцінки структурної надійності і живучості мережевих структур	23
Висновки до першого розділу	26
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЖИВУЧОСТІ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ	27
2.1 Основні положення щодо оцінки живучості мереж зв'язку.....	27
2.1.1 Загальні положення щодо оцінки живучості мереж зв'язку	27
2.1.2 Вимоги до живучості мережі зв'язку.....	35
2.2 Методика оцінки відповідності МЗ заданим вимогам забезпечення живучості	36
2.3 Технічне завдання на проектування системи.....	39
2.3.1 Призначення проектованої системи.....	39

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.13</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Дослідження структурної живучості мереж зв'язку</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Андрій СТАДНЮК</i>					6	120
<i>Перевір.</i>		<i>Олексій НЕНОВ</i>						
<i>Рецензент</i>		<i>Олександр ЛАТЕНКО</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Валерій БОНДАРЕНКО</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Сергій АРТЕМЕНКО</i>				<i>ар. КІ-543 ОНТУ</i>		

2.3.2	Вимоги до системи.....	39
2.4	Проектування програмного забезпечення системи	42
2.4.1	Модульна структура системи	42
2.4.2	Функціональна структура системи	43
2.4.3	Алгоритми системи.....	44
	Висновки до другого розділу.....	50
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ПІДТРИМКИ СИСТЕМИ І		
	ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ	51
3.1	Вибір засобів реалізації програмної підтримки дослідження	51
3.2	Елементи реалізації системи.....	52
3.2.1	Користувацький інтерфейс системи	52
3.2.2	Розрахунки на робочих листах	53
3.2.3	Програмна реалізація системи.....	54
3.3	Організація проведення імітаційного дослідження.....	55
3.4	Результати дослідження живучості за показником кількості шляхів ...	57
3.5	Дослідження живучості мережі за показником кількості зв'язаних пар.....	59
	Висновки до третього розділу	65
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА		
4.1	Організаційно-економічне та маркетингове обґрунтування проекту ...	66
4.1.1	Порівняльний аналіз запропонованого проекту	66
4.1.2	Основні положення і склад робіт	71
4.2	Аналіз науково-технічної ефективності проекту.....	73
4.2.1	Методика розрахунку науково-технічної ефективності проекту ...	73
4.2.2	Проведення оцінки науково-технічного рівня розробки	76
4.2.3	Порівняння методів вирішення задачі	78
4.3	Розрахунок економічних показників проекту.....	78
4.3.1	Визначення складності розробки програмного продукту	78

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.13</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

4.3.2 Розрахунок трудомісткості розробки програмного продукту.....	80
4.3.3 Визначення вартості програмного продукту	82
4.3.4 Визначення капітальних витрат	85
4.4 Орієнтовний бізнес-план стартап-проекту на тему дослідження структурної живучості мереж.....	89
4.4.1 Загальна інформація	89
4.4.2 Ідея, мета і ключові результати проекту	90
4.4.3 Ключові етапи	90
4.4.4 Маркетинг і фінансовий план	91
4.4.5 Команда проекту	91
4.4.6 Висновок	91
Висновки до четвертого розділу	92
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ	93
5.1 Загальні положення.....	93
5.2 Способи зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів при роботі з комп'ютером	95
5.3 Правила безпеки при роботі з комп'ютером.....	96
5.4 Пожежна профілактика	97
Висновки до п'ятого розділу	99
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	102
ДОДАТКИ.....	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток А Слайди презентації	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток Б Програмний код VBA	Ошибка! Закладка не определена.
Додаток В Програмний код Python.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Мережі зв'язку (МЗ) великого масштабу і складної структури грають сьогодні найважливішу роль у забезпеченні найбільш затребуваних сучасних послуг зв'язку, серед яких – цифрове телебачення і радіо, телефонія і мобільний зв'язок, служби Інтернету тощо. Такі мережі покривають значні території масштабів міста, області, країни і забезпечують відповідними послугами велику кількість споживачів. Сучасний стан розвитку телекомунікаційного ринку характеризується існуванням і поширенням великого спектру різноманітних послуг, а також постійним підвищенням їхньої якості. Однією з першочергових проблем забезпечення потрібної якості цих послуг є проблема живучості мереж, яка тісно пов'язана з проблемами надійності і завадостійкості різних елементів, підсистем МЗ та системи управління нею. Від успішності вирішення цієї проблеми напряму залежить конкурентоспроможність операторів телекомунікаційного ринку та задоволеність споживачів. Тому тема кваліфікаційної роботи є цілком актуальною.

Поняття живучості у МЗ виникло і стало використовуватись значно пізніше, ніж поняття надійності. В останній час спостерігається тенденція до поступового введення поняття живучості у нормативні документи щодо різних аспектів створення, аналізу і експлуатації МЗ. Проте усі існуючі і діючі нормативи, що регламентують процеси аналізу і забезпечення саме складових живучості МЗ, також є чинними і актуальними.

Об'єктом дослідження в даній роботі є процеси аналізу живучості мереж зв'язку.

Предметом дослідження є принципи і методи аналізу живучості мереж зв'язку будь-якої структури.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою роботи є створення математичної моделі і програмної реалізації системи оцінки живучості мереж зв'язку із заданими параметрами. Для здійснення цієї мети в роботі вирішується ряд завдань, серед яких:

- огляд існуючих методів і засобів оцінки структурної живучості мереж зв'язку, заснованих на заданих параметрах;
- розробка технічного завдання на проектування системи аналізу живучості мереж зв'язку;
- розробка математичної моделі системи аналізу живучості мереж зв'язку;
- проектування загальної структури і алгоритмів функціонування програмного забезпечення підтримки системи;
- вибір середовища моделювання і розробки програмної підтримки, реалізація, налагодження і тестування програмної підтримки системи;
- використання розробленої системи для оцінки структурної живучості заданої мережі;
- виконання економічних розрахунків і обґрунтування економічної ефективності проекту;
- розробка заходів щодо охорони праці при розробленні і експлуатації мереж зв'язку;
- оформлення документації на систему у вигляді пояснювальної записки та ілюстративних слайдів.

Наукова новизна роботи полягає в систематизації критеріїв і показників живучості, а також в удосконаленні методів забезпечення структурної живучості шляхом оптимального резервування компонентів мережі зв'язку з урахуванням важливостей її вузлів і пріоритетів потоків, що обслуговуються.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПЕРЕДПРОЕКТНОЇ СИТУАЦІЇ

1.1 Загальна постановка задачі. Поняття живучості мережі зв'язку

1.1.1 Загальна постановка задачі

В даній кваліфікаційній роботі вирішується задача проектування і реалізації системи, що дозволяє виконати дослідження живучості узагальненої мережі зв'язку (МЗ) (далі – система ОСМЗ), структура якої моделюється неорієнтованим графом. Структура аналізованої мережі описується структурною матрицею живучості (приклад див. на рисунку 1.1), елементами цієї матриці є показники надійності окремих гілок.

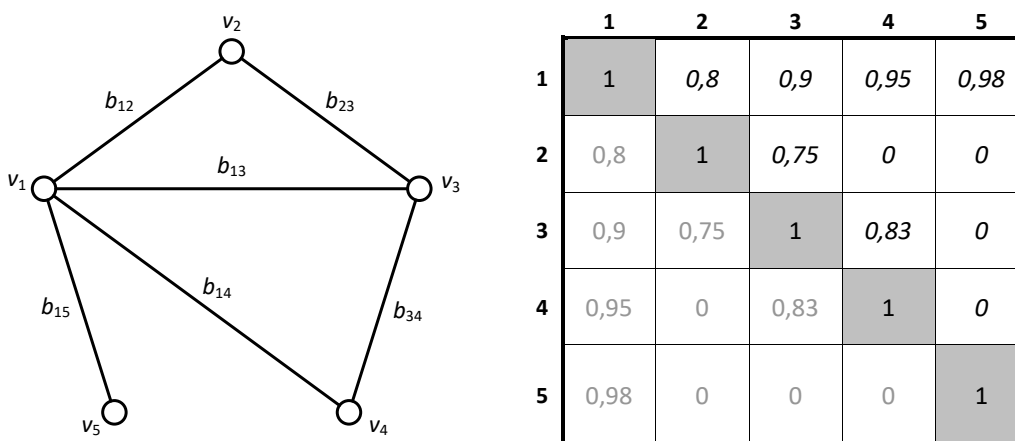


Рис. 1.1 – Неорієнтований граф мережі і відповідна структурна матриця (приклад)

Розроблювальна система має складатися з методичного і програмного забезпечень. Методичне забезпечення являє собою сукупність моделі подання мережі як об'єкта аналізу і методики (математичної моделі) розрахунку показників її структурної надійності. Програмне забезпечення

реалізує структури і алгоритми математичної моделі у вигляді прикладного інструмента – комп'ютерної програми.

Основні задачі, які повинна вирішувати система ОЖМЗ:

- регламентування вихідних даних і результатів розрахунку;
- підтримка операцій завдання і вводу вихідних даних про аналізовану МЗ;
- розрахунок значень необхідних показників живучості МЗ;
- індикація процесу розрахунку;
- підтримка керування системою в процесі тривалого розрахунку;
- формування звіту про результати розрахунку з можливістю гнучкого настроювання його зовнішнього вигляду.

1.1.2 Основні поняття в галузі живучості функціонування об'єктів і мереж зв'язку

Живучість являє собою важливу характеристику систем самого різного виду і призначення. Стосовно до систем і мереж зв'язку поняття живучості є комплексним. Різні фахівці вкладають у дане поняття дещо різний зміст. Розглянемо типові інтерпретації цього поняття.

У монографії [17] живучість систем зв'язку визначається як сукупність властивостей надійності і завадостійкості. Автори вказують, що застосування інтегральної категорії живучості не припускає ліквідації її складових понять. При цьому «надійність відбиває вплив на працездатність системи головним чином внутрішньосистемного фактора – випадкових відмов техніки. Живучість натомість характеризує стійкість системи зв'язку проти дії причин, що лежать поза системою та приводять до руйнувань або значних ушкоджень деякої частини її елементів». Підкреслюється, що «надійність і живучість – істотно різні поняття й самостійні проблеми, що вимагають своїх рішень під час розробки і удосконалення систем і мереж зв'язку».

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У статті [18] дається таке визначення: «Живучість – здатність мережі зберігати працездатний стан у часі та в умовах, створюваних впливами зовнішній і внутрішніх ДФ» (ДФ – дестабілізуючий фактор). При цьому пояснюється, що «живучість характеризується властивостями надійності та живучості». Далі вказується, що «властивість надійності повинна забезпечувати функціонування мережі зв'язку та її елементів в умовах дії внутрішніх ненавмисних (випадкових) ДФ», а «живучість – властивість мережі зберігати здатність виконувати необхідні функції в умовах, створюваних впливом зовнішніх ДФ».

У статті [41] наводяться визначення понять живучості, цілісності та безпеки єдиної мережі зв'язку, які використовуються у законах «Про технічне регулювання» і «Про зв'язок». Зокрема, у ній дається таке визначення: «Живучість функціонування єдиної національної мережі електрозв'язку – властивість мережі зв'язку виконувати свої функції при впливі зовнішніх дестабілізуючих факторів». Воно практично збігається з наведеним вище визначенням живучості. Однак при цьому явно вплив внутрішніх дестабілізуючих факторів не виключається.

В роботах [3] і [5] під живучістю функціонування об'єктів зв'язку розуміється їх здатність функціонувати в умовах позаштатних, у тому числі надзвичайних, ситуацій, а у випадках їх виходу з ладу відновлювати працездатність в найкоротші терміни. Це визначення також трактує поняття живучості досить вузько, але доповнюючи попереднє визначення живучості здатністю об'єкту відновлювати свою працездатність.

Також слід зазначити різні трактування поняття живучості технічних систем. По-перше, під живучістю в більшості випадків розуміється здатність системи протистояти зовнішнім дестабілізуючим впливам ударного характеру. Найчастіше такі впливи характеризуються ризиком їхнього виникнення з відносно невеликою ймовірністю, але при їхньому виникненні наслідки (зокрема, руйнування) можуть бути досить значні. При розгляді живучості передбачається можливість виникнення і дуже рідких

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

руйнівних подій, зокрема, цілеспрямованих руйнувань системи, неможливих у мирний час. Зовнішні впливи, що належать до тривалих періодів експлуатації системи, найчастіше впливають на систему не прямо, а побічно, їхній вплив обов'язково враховується при проектуванні системи, а здатність протистояти їм належить, таким чином, до властивості надійності.

По-друге, багато джерел включають у поняття живучості реакцію системи на наявність ушкоджень (часткових відмов), викликаних ударним впливом зовнішніх ДФ. Іншими словами, система є живучою не тоді (або не лише тоді), коли вона витримує подібний вплив без ушкоджень, а тоді, коли вона здатна виконувати свої основні функції протягом певного часу при наявності ушкоджень.

Наукова школа О. Г. Додонова вважає, що властивості надійності та адаптивності навіть у сукупності не можуть перекрити властивість живучості. У роботі [14] дається наступне визначення живучості: здатність системи адаптуватися до нових непередбачуваних умов функціонування, протистояння небажаним впливам при одночасній реалізації основної функції. Розвинені живучі системи, що самовідновлюються і самоперебудовуються, здатні підтримувати безперервне виконання своїх основних функцій, тимчасово або постійно відмовляючись від виконання менш важливих функцій, змінювати свою структуру й поведіння, знаходити і виконувати нові функції, необхідні для успішного протистояння несприятливим впливам, пристосовуючись до умов свого функціонування.

На думку А. Котоусова живучість являє собою властивість системи, що полягає в здатності реагувати на зміну умов (зовнішніх або внутрішніх) з метою збереження можливості виконання своїх функцій у повному обсязі. Проте живучість визначається як властивість системи, що полягає в здатності виконувати встановлений мінімальний обсяг своїх функцій при зовнішніх несприятливих факторах, аваріях і в інших позаштатних ситуаціях. Система може бути стійка до перешкод, збоїв електроживлення, наведень тощо. Основної ж риси живучості – це функціонування у

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсутності комунікацій, основних джерел живлення та сировини; зокрема, живуча система здатна виконати безпечну зупинку агрегату. При функціональній живучості може знадобитися змінити режим роботи декількох підсистем для дотримання нормальних умов функціонування системи в цілому.

Державний стандарт ДСТУ 53111-2008 [12] містить такі визначення понять надійності та живучості МЗ:

- надійність мережі електрозв'язку – властивість мережі електрозв'язку зберігати здатність виконувати необхідні функції в умовах впливу внутрішніх дестабілізуючих факторів (...) у заданих режимах і умовах застосування та технічного обслуговування;
- живучість функціонування мережі електрозв'язку – здатність мережі електрозв'язку виконувати свої функції при виході з ладу частини елементів мережі в результаті впливу дестабілізуючих факторів.

Саме такі визначення використовуватимемо надалі під час проектування і розробки системи ОЖМЗ. Таким чином, властивості живучості МЗ безпосередньо стосуються нормативні регламентуючі вимоги до власне живучості, а також надійності та живучості відокремлених засобів, елементів МЗ та мережі зв'язку в цілому.

1.2 Основні положення по забезпеченню живучості мереж зв'язку

Система ОЖМЗ базується на основних положеннях по забезпеченню живучості функціонування МЗ.

Функціонування розгалужених МЗ, у тому числі тих, що входять до єдиної національної системи зв'язку України, в умовах впливу дестабілізуючих факторів фізичного або технологічного характеру (далі – дестабілізуючі фактори, ДФ) визначається властивістю МЗ, що називається живучістю. Забезпечення живучості полягає в збереженні функціонування МЗ в умовах

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мирного часу, у надзвичайних ситуаціях, а також в умовах надзвичайного стану.

Живучість МЗ порушується в результаті впливу різноманітних ДФ, які через своє розмаїття призводять до того, що стійкість до них з боку МЗ представляє цілий комплекс заходів.

ДФ, що впливають на МЗ, зручно розділити на внутрішні та зовнішні ДФ. Такий поділ дає можливість представити живучість МЗ як сукупність властивостей надійності та живучості. Забезпечення живучості при впливі внутрішніх ДФ зводиться до розв'язання проблеми забезпечення надійності МЗ, а при впливі зовнішніх ДФ – до розв'язання проблеми забезпечення живучості МЗ.

Найбільш важливо забезпечити живучість функціонування МЗ при надзвичайних ситуаціях і в умовах надзвичайного стану, коли зовнішні впливи можуть носити навмисний характер, важко прогнозуються, є, в основному, короткочасними, можуть впливати на всю МЗ одночасно і пов'язані з погрозою виведення з ладу всієї МЗ на тривалий період.

Через ймовірнісний характер впливу внутрішніх і зовнішніх ДФ і неповної визначеності в показниках живучості об'єктів електрозв'язку показники надійності та живучості МЗ можуть тільки прогнозуватися і тому носять ймовірнісний характер.

Під внутрішніми ДФ (ВДФ) стосовно МЗ розуміються ДФ, джерела впливу яких перебувають усередині МЗ і є достатня інформація про характеристики їхніх впливів, що дозволяє приймати ефективні рішення по їхній локалізації та проведенню відповідних профілактичних і ремонтно-відбудовчих заходів на всіх етапах, від розробки й виробництва засобів електрозв'язку до проектування та експлуатації МЗ. Найпоширенішими джерелами внутрішніх ДФ є:

- якість електричних контактів;
- старіння електрорадіоелементів (зміна згодом їхніх характеристик);

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- порушення електромагнітної сумісності (порушення екранування, заземлень, фільтрації) і, внаслідок цього, погіршення живучості устаткування електрозв'язку до впливу електромагнітних перешкод;
- перебої в електропостачанні.

Під зовнішніми ДФ (ЗДФ) стосовно МЗ розуміються такі ДФ, джерела яких розташовані поза МЗ. Джерелами ЗДФ є фізичні об'єкти, які в сукупності із системами або подіями, що визначають моменти і характер порушення джерела, виділяють енергію на утворення ДФ.

Залежно від характеру впливу на елементи МЗ ЗДФ поділяються на класи:

- механічні (сейсмічний удар, ударна хвиля вибуху, балістичний удар);
- електромагнітні (низькочастотне, високочастотне, надвисокочастотне випромінювання, електромагнітний імпульс);
- іонізуючі (альфа-, бета-, гамма-, нейтронне випромінювання);
- термічні (світлове випромінювання вибуху).

Джерела ЗДФ за ознакою відношення до природи виникнення [11] розділяються на суб'єктивні (штучні) і об'єктивні (природні). Об'єктивні джерела ЗДФ, моменти порушення і спрямованість виділення енергії яких носять випадковий характер, є джерелами ненавмисних ДФ. До таких джерел належать: землетрус, розряд блискавки, радіоактивне зараження місцевості внаслідок техногенних катастроф, лінія електропередачі в аварійному режимі, контактна мережа залізниць, радіолокаційні станції, радіопередавальні станції.

Суб'єктивні джерела ЗДФ, моменти порушення яких і спрямованість виділюваної ними енергії мають на меті порушення працездатності МЗ або всієї системи електрозв'язку, являють собою джерела навмисних ДФ. До таких джерел належать всі види сучасної зброї, орієнтованої на поразку МЗ, терористичні акти, навмисні електромагнітні впливи, у тому числі

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здійснювані кондуктивним шляхом (безпосереднє підключення до кабелів МЗ спеціальних технічних засобів, що генерують навмисні перешкоди).

ЗДФ можна класифікувати за часовим та просторовим масштабами дії на ЗДФ локальної та просторової дії [12]. До джерел ЗДФ локальної дії належать джерела ДФ, що діють протягом невеликих інтервалів часу і здатні призвести до порушення працездатності одного елемента МЗ. До джерел ЗДФ просторової дії належать джерела ДФ, які можуть протягом невеликих інтервалів часу призвести до порушення працездатності групи просторово рознесених елементів МЗ. Найбільшу погрозу для живучості МЗ становлять джерела просторової дії або численні джерела локальної дії, збуджені протягом невеликих інтервалів часу в різних місцях великого простору. До особливих джерел ЗДФ навмисного характеру належать такі джерела, дія яких не спрямована проти об'єктів МЗ, але МЗ може постраждати від них непрямым чином.

Наслідки впливів ЗДФ як на всю МЗ, так і на окремі її частини, можна розглядати за збитком, який вони завдають МЗ [12]. Збиток оцінюється по співвідношенню елементів МЗ, що вийшли з ладу, до загального числа елементів МЗ градаціями до 50 % (високий), 30 % (середній) і 10 % (низький). Високий збиток може бути нанесений МЗ при знаходженні її елементів у зоні дії ядерного вибуху у випадку застосування ядерної зброї по великих промислових об'єктах, об'єктах військової техніки, об'єктах державного керування тощо. Середній збиток може бути нанесений МЗ впливом звичайної зброї (при локальних військових конфліктах), техногенними катастрофами, стихійними лихами. Низький збиток може бути нанесений МЗ впливом джерел ЗДФ локальної дії, у тому числі терористичними актами.

Нанесення високого та середнього збитку устаткуванню електров'язку має місце при дуже серйозних впливах ДФ, які провокуються надзвичайними ситуаціями, такими як військові конфлікти, ядерні удари та стихійні лиха. При таких впливах основна увага приділяється збереженню

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

каналів зв'язку, що забезпечують стратегічні інтереси держави (спецкористувачів).

Низький збиток устаткуванню електрозв'язку найбільш ймовірний при впливі локальних джерел ЗДФ на окремі об'єкти зв'язку або невелику їхню групу. При таких впливах увага приділяється збереженню не тільки каналів зв'язку, що забезпечують стратегічні інтереси держави, але й каналів, якими користуються звичайні споживачі.

Збиток, що завдається МЗ зовнішніми впливами, прямо зв'язаний як з побудовою МЗ (її розгалуженістю), так і з живучістю окремих елементів МЗ (живучістю устаткування і ліній зв'язку до впливу ДФ). Чим більша розгалуженість МЗ і вища живучість її елементів до зовнішніх впливів, тим меншу втрату зовнішній вплив може заподіяти МЗ в цілому.

Заходи щодо забезпечення живучості МЗ можуть ґрунтуватися на об'єктових і мережевих методах забезпечення живучості.

Об'єктові методи забезпечення живучості складаються з вибору:

- засобів зв'язку (апаратури і устаткування);
- конструкції спорудження зв'язку;
- варіантів розміщення засобів зв'язку в спорудженні зв'язку.

Мережні методи забезпечення живучості являють собою зміну топології (зміна розгалуженості і збільшення резервування ліній зв'язку) МЗ з метою збільшення її показників зв'язності до необхідних значень.

1.3 Огляд методів аналізу живучості телекомунікаційних мереж

1.3.1 Загальні положення

Аналіз живучості МЗ, як і будь-якого іншого технічного об'єкту, може виконуватися на різних етапах життєвого циклу МЗ: розробки, створення або експлуатації. Існує багато методів розрахунку, які виконуються з різними цілями. Вибір методу розрахунку живучості системи залежить від

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

низки факторів, основними з яких є [33]:

- етап життєвого циклу МЗ;
- характер відмов елементів у МЗ;
- спосіб з'єднання елементів у МЗ;
- вид закону розподілу часу безвідмовної роботи елементів МЗ;
- режим роботи елементів МЗ;
- відновлюваність елементів МЗ;
- спосіб аналізу МЗ;
- різновид МЗ та ін.

На етапі проектування розрахунок провадиться з метою прогнозування очікуваної живучості МЗ. Таке прогнозування необхідно для обґрунтування передбачуваного проекту МЗ, а також для вирішення низки організаційно-технічних питань, зокрема: вибору оптимального варіанту структури МЗ; способу резервування елементів МЗ; глибини і методів контролю; періодичності і обсягу профілактичних робіт; кількості запасних частин; обґрунтування вимог до надійності і живучості елементів МЗ. Тому на етапі проектування виконують такі розрахунки надійності [33]:

- розрахунок норм живучості (розподіл вимог до надійності і живучості елементів МЗ);
- орієнтовний розрахунок живучості;
- остаточний (повний) розрахунок живучості.

На етапі створення і експлуатації МЗ проводяться розрахунки, що констатують рівень живучості за результатами випробувань і експлуатації. Результати розрахунків у цьому випадку показують, яку живучість (надійність та живучість) мали елементи МЗ, що пройшли випробування або використовуються в певних умовах експлуатації. На підставі цих розрахунків розробляються заходи щодо підвищення живучості, визначаються слабкі місця елементів, даються оцінки живучості МЗ в цілому і впливів на неї окремих факторів.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Види методів розрахунку надійності

За характером відмов елементів системи розрізняють методи розрахунку надійності при раптових, поступових і перемежованих відмовах.

За способом з'єднання елементів у системі розрізняють методи розрахунку надійності при основному і резервному з'єднанні елементів.

Залежно від виду закону розподілу часу безвідмовної роботи застосовують розрахунки надійності при експонентному, нормальному, вейбулівському та інших законах розподілу.

На вибір методів розрахунку надійності істотно впливає режим роботи аналізованого об'єкта. У цьому випадку розрахунок може враховувати безперервність дії, періодичність дії, одноразове і багаторазове використання об'єкта.

За ознакою відновлюваності об'єкта методи розрахунку можна розділити на методи розрахунку відновлюваних і невідновлюваних об'єктів. При цьому може враховуватися глибина і періодичність контролю об'єктів. Більшість МЗ та їхніх елементів відносяться до відновлюваних об'єктів.

За способом аналізу МЗ можна виділити два великих класи методів розрахунку надійності: структурні і функціональні.

При розрахунку структурної надійності здійснюється визначення показників надійності об'єкта, обумовлених надійністю його елементів і розгалуженістю зв'язків між елементами.

Розрахунок функціональної надійності – це визначення показників надійності виконання об'єктом заданих функцій. Оскільки такі показники надійності залежать від ряду діючих факторів (виду заданої функції, структурної надійності, математичного і програмного забезпечення, роботи операторів), то, як правило, розрахунок функціональної надійності є складнішим за розрахунок структурної надійності.

Складність розрахунку надійності МЗ визначається характером і ступенем складності самої МЗ. До найбільш простих методів належать методи

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунку структурної надійності простих систем, нерезервованих, без урахування відновлення працездатності, за умови, що час роботи до відмови підпорядкований експонентному розподілу. Найбільш складними є методи розрахунку функціональної надійності складних резервованих систем з урахуванням відновлення їхньої працездатності та різних законів розподілу часу роботи і часу відновлення.

За видом математичного апарату, що використовується для аналізу надійності, розрізняють аналітичні, статистичні та аналітико-статистичні методи аналізу.

Аналітичні методи засновані на аналізі структурної схеми МЗ, що представляється у вигляді сукупності паралельно-послідовних з'єднань пунктів і каналів зв'язку, і дозволяють виразити структурну надійність МЗ в загальному вигляді. Наявність у структурі МЗ підмереж зі структурою, що не приводиться до паралельно-послідовних структур, а також багатополюсних підсистем (підграфів) ускладнює одержання аналітичної залежності і утруднює практичне застосування методу. Трудомісткість розрахунку надійності незводимої схеми, що містить n елементів, пропорційна 2^n [23].

Статистичні методи дозволяють істотно знизити трудомісткість розрахунку структурної надійності незведимих схем. Сутність методу полягає в багаторазовому моделюванні випадковим чином станів всіх елементів МЗ зв'язку відповідно до їхніх відомих показників надійності. Стан системи в цілому визначається логічною функцією, однозначно обумовленою структурою мережі. Оцінка надійності зазвичай зводиться до знаходження математичного очікування відмови системи з деякою точністю. Час обчислення функції в одному статистичному досліді пропорційний числу елементів системи. Точність отриманої оцінки залежить від числа дослідів. Число дослідів залежить від необхідної точності розрахунку (коефіцієнта варіації) і надійності системи, обумовленою ймовірністю відмови, і не залежить від числа елементів системи [23].

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліком статистичного методу в порівнянні з аналітичним є його частковість, тобто прив'язка кожного статистичного експерименту до конкретних значень показників надійності елементів. Крім того, трудомісткість обчислень може бути досить значною при великому необхідному числі дослідів, обумовленому малими значеннями ймовірності відмови системи і коефіцієнта варіації.

Аналітико-статистичні методи оцінки надійності дозволяють зменшити необхідне число статистичних дослідів за рахунок аналітичного вдосконалення схеми статистичного експерименту. Вдосконалена схема повинна мати те ж саме математичне очікування, що й вихідна. Вдосконалення схеми експерименту зазвичай здійснюється шляхом зниження дисперсії статистично оцінюваного показника надійності [23].

1.4 Огляд існуючих інструментальних засобів оцінки структурної надійності і живучості мережевих структур

Аналіз ринку наявних інструментальних засобів оцінки структурної надійності мережевих структур показав, що на сьогодні існує і є доступними досить багато засобів різноманітного аналізу графів, які частково можуть бути використані для вирішення поставленої в роботі задачі. Далі дається коротка характеристика деяких із них.

Програма «Графоаналізатор» (версія 1.3) – це візуальне середовище для роботи з графами, розроблене програмістом О. Шайхатаровим. Ця безкоштовна програма надає можливість створювати і обробляти графи, а також візуально відображати результати роботи відповідних алгоритмів.

Середовище Графоаналізатор підтримує роботу з орієнтованими і простими графами, навантаженими і ненавантаженими. Програма реалізує низку алгоритмів для обробки і аналізу графів, а саме:

- пошук шляху;
- пошук мінімального шляху трьома різними способами;
- пошук ейлерових і гамільтонових маршрутів;

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- визначення хроматичного числа;
- пошук мінімального кістякового дерева;
- визначення максимального потоку як для одного стоку і джерела, так і для множини стоків і джерел;
- перевірка на зв'язність;
- пошук ексцентриситету;
- пошук радіуса і діаметра графа;
- перевірка, чи є граф деревом;
- перевірка на планарність;
- пошук критичного шляху;
- пошук циклів;
- пошук максимального повного підграфа.

Середовище Графоаналізатор також надає користувачеві низку допоміжних функцій для полегшення його роботи: можливість збереження і завантаження графа з підтримкою збереження його візуального представлення, можливість створення графа з матриці суміжності, швидке перетворення графа, настроювання вигляду графа, позначення вершин, завантаження підложки графа, режим створення карти із завданням масштабу, режим конструктора.

Таким чином, програма Графоаналізатор може бути ефективно використана для визначення параметрів графа, який моделює мережу зв'язку. Серед переваг програми слід відзначити можливість збереження і завантаження матриці суміжності у текстовому форматі, що дозволяє створювати матрицю засобами інших програм. Серед недоліків програми – у зв'язку з тим, що основним призначенням програми є узагальнений аналіз графів, вона не визначає саме показників надійності, а лише дає можливість знайти проміжні дані для визначення цих показників.

Програма «Розрахунок структурної надійності мереж зв'язку» (версія 2A beta) розроблена програмістами А. Покушаловим та М. Овсяниковим з компанії O.M.G. Software.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця програма, як свідчить її назва, призначена саме для розрахунку структурної надійності мереж, представлених у вигляді сукупності вузлів і зв'язків між ними, за показником ймовірності зв'язності всіх вузлів мережі, які беруть участь в обміні даними. Розрахунок проводиться за формулою, аналогічною формулі (3.12).

Програма надає такі можливості:

- задавання структури мережі шляхом додавання (або усунення) вузлів та з'єднань між ними в інтерактивному режимі;
- задавання надійності з'єднань у вигляді коефіцієнтів готовності в інтерактивному режимі;
- задавання коефіцієнтів важливості вибраних з'єднань у відсотках в інтерактивному режимі;
- настроювання зовнішнього вигляду (піктограми) вузлів мережі;
- збереження заданої структури у файл власного формату і подальше завантаження структури з файлу;
- пошук незалежних шляхів мінімальної довжини для заданого з'єднання (пари вузлів);
- пошук незалежних розрізів мінімальної довжини для заданого з'єднання;
- розрахунок верхньої та нижньої границь структурної надійності заданого з'єднання;
- розрахунок верхньої та нижньої границь структурної надійності заданого всієї мережі.

Алгоритми пошуку шляхів і розрізів описані в роботі [39].

До переваг програми відносяться її безкоштовність, орієнтованість фактично на вирішення задачі, яка поставлена в даній роботі, наявність опису алгоритму роботи (але не сирцевого коду). Також слід відзначити її недоліки: неможливо задати різні значення надійності ребер; нестандартний формат файлу, який використовується для збереження структури мережі, не дозволяє задіяти сторонні засоби для вирішення додаткових задач, не

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реалізованих в програмі; функціонування бета-версії програми не повністю відлагоджене, що проявляється у збої в роботі при певних значеннях вихідних даних. Також важливо, що програма здатна обчислювати лише верхню або нижню границі структурної надійності мережі, не визначаючи точного її значення (оскільки алгоритм розрахунку відшукує і вибирає з множини взаємозалежних шляхів або перетинів лише найкоротші шляхи (перетини), не враховуючи збільшення структурної надійності за рахунок альтернативних шляхів).

Також до інструментальних засобів, які можуть бути застосовані для вирішення поставленої задачі, можуть бути віднесені універсальні математичні пакети MathCad, MatLab та ін. Їхньою незаперечною перевагою є універсальність, що дозволяє вирішувати найрізноманітніші задачі, зокрема ті, які розглядаються в даній роботі. Але це потребує самостійного програмування алгоритму вирішення задачі спеціалізованою для обраного пакета мовою, що висуває підвищені вимоги до кваліфікації дослідника у вказаному сенсі, тобто вимагає від нього отримати певні додаткові вміння.

Висновки до першого розділу

В першому розділі були проаналізовані основні поняття стосовно живучості мереж зв'язку, відповідні наукові публікації. За результатами аналізу:

1. Виконана загальна постановка задачі.
2. Проведено огляд методів розрахунку показників живучості мереж зв'язку. Відзначено важливість завдань, пов'язаних з оцінкою та підвищенням живучості мереж, враховуючи необхідність підтримки працездатності та надійності мережі при виникненні відмов.
3. Виконано огляд існуючих програмних засобів, які можуть допомогти у вирішенні задач дослідження структурної живучості мереж зв'язку.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЖИВУЧОСТІ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

2.1 Основні положення щодо оцінки живучості мереж зв'язку

2.1.1 Загальні положення щодо оцінки живучості мереж зв'язку

Загальні положення щодо оцінки живучості МЗ описані далі за рекомендаціями, що викладені в [12].

Стан живучості об'єктів зв'язку оцінюють за:

- відповідністю застосовуваного устаткування зв'язку вимогам, які викладено в [32];
- відповідності вибору споруджень і розміщенню устаткування на об'єкті зв'язку положенням, які викладено в [35];
- стійкості застосовуваної апаратури і устаткування до електромагнітних впливів відповідно до нормативних документів, наведених в таблиці 2.1.

Засоби зв'язку вибираються за показниками надійності та живучості відповідно до таблиці 2.1.

Підтвердження виконання норм, наведених у таблиці 2.1, для устаткування зв'язку повинно бути відображене в сертифікаті або декларації відповідності, яка надається розробником устаткування разом з технічною документацією при постачанні.

Вимоги по стійкості до кондуктивних електромагнітних впливів пред'являють у випадку застосування на МЗ автоматизованих систем у захищеному виконанні.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк. 27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік нормативних документів, яким повинно відповідати устаткування зв'язку, що забезпечує стійкість до електромагнітних впливів

Вид впливу	Нормативні документи
Електростатичний розряд	IEC 61000-4-2 (= ДСТУ 51317.4.2)
Радіочастотне електромагнітне поле	IEC 61000-4-3; IEC 61000-4-6
Наносекундні імпульсні перешкоди	IEC 61000-4-4
Мікросекундні імпульсні перешкоди	IEC 61000-4-5
Динамічні зміни напруги живлення	IEC 61000-4-11
Аварійні перенапруги в електромережах	ДСТУ 13109
Кондуктивні електромагнітні впливи	ДСТУ 52863

Живучість МЗ за станом її мережевої побудови оцінюється можливостями мережі адаптуватися до зміни умов функціонування в результаті впливу ЗДФ.

Мережна побудова визначається:

- можливістю резервування ліній зв'язку;
- вибором різних середовищ поширення сигналів;
- оптимальністю топології МЗ (достатності її розгалуженості);
- забезпеченням взаємодії з мережами інших операторів зв'язку.

Зазначені методи мережевої побудови використовуються як мережеві методи забезпечення живучості МЗ.

Уразливість елементів МЗ (вузлів зв'язку і сполучних ліній) до впливу ЗДФ визначається рівнем можливого впливу ДФ на МЗ. Рівень можливого впливу ЗДФ, до якого МЗ повинна бути живучою, визначається призначенням МЗ і наявністю спецкористувачів в складі її споживачів.

Градації рівнів збитку МЗ залежно від можливого рівня впливу ЗДФ на МЗ наведені в таблиці 2.2.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Градації рівнів збитку МЗ залежно від можливого рівня впливу ЗДФ на МЗ і відповідні їм рівні порушення безпеки МЗ

Рівень впливу ЗДФ на МЗ	Джерело ЗДФ	Збиток, що завдається елементам МЗ впливом ЗДФ, %	Рівні порушення безпеки МЗ
Високий	Всі види сучасної зброї масової поразки	До 50і	Високий
Середній	Локальні військові конфлікти із застосуванням звичайних видів зброї, техногенні катастрофи, стихійні лиха	До 30	Помірний
Низький	Локальні джерела ЗДФ, терористичні акти	До 10	Низький

Порушення інфраструктури МЗ внаслідок завдання збитків устаткуванню призводить до порушення не тільки живучості, але й інформаційної безпеки МЗ. Рівні порушення безпеки МЗ внаслідок порушення інфраструктури мережі (збитку устаткуванню) після впливу ЗДФ (відповідно до ДСТУ 52448) наведені в таблиці 2.2.

Основні напрямки зв'язку в МЗ підрозділяють по значимості каналів, що виділяються в інтересах спецкористувачів, на три категорії:

- категорія 1 – напрямки, у яких орендуються (виділяються) канали і тракти для організації інформаційного обміну центральних органів державного керування з державними органами керування регіонів;
- категорія 2 – напрямки, у яких орендуються канали і тракти для забезпечення інформаційного обміну регіональних органів державного керування з великими промисловими і господарськими

центрами державного значення, що перебувають на території регіону, і між регіональними органами державного керування;

- категорія 3 – напрямки, у яких орендуються (виділяються) канали і тракти між регіональними органами державного керування і органами керування державних суб'єктів і між органами керування державних суб'єктів.

Категорія МЗ визначається залежно від категорії основних напрямків зв'язку, які дана МЗ обслуговує.

Загальні вимоги до живучості функціонування МЗ являють собою сукупність вимог надійності і живучості МЗ відповідно до переліку, представленому у п. 2.1.2.

Надійність МЗ визначається надійністю каналів зв'язку, які організуються у МЗ. Надійність каналів зв'язку залежить від надійності устаткування ліній зв'язку. Канал МЗ обмежується точками приєднання до інших МЗ або прикінцевими телефонними станціями, до яких приєднуються прикінцеві лінії користувачів.

Живучість МЗ визначається живучістю каналів зв'язку, організованих на основних напрямках МЗ і використовуваних спецкористувачами.

На прикінцеві лінії користувачів і устаткування користувачів вимоги до живучості МЗ не поширюються.

Як показник надійності каналів зв'язку застосовується коефіцієнт готовності K_r каналу зв'язку, який визначається виразом:

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_b} \quad (2.1)$$

де T_o – середній час наробітку на відмову каналу зв'язку;

T_b – середній час відновлення працездатності каналу зв'язку.

За критерій відмови каналу тональної частоти приймається перерва в передачі повідомлень тривалістю більше 10 с. Під перервою (збій, відмова)

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у передачі повідомлення розуміється зниження рівня сигналу на 17 дБ і більше протягом 300 мс. За критерій відмови основного цифрового каналу приймається підвищення відносини числа бітів, прийнятих з помилками, до загального числа прийнятих бітів до 10^{-3} протягом 10 послідовних секунд і більше.

Для практичної оцінки живучості МЗ коефіцієнт готовності каналу зв'язку розраховується як ймовірність зв'язності між двома кінцевими точками МЗ за методикою, наведеною в п. 2.3.

Як показник живучості каналів зв'язку застосовують коефіцієнт оперативної готовності $K_{o,r}$ каналу зв'язку, який визначається виразом

$$K_{o,r} = P(T)K_r. \quad (2.2)$$

де K_r – коефіцієнт готовності;

$P(T)$ – ймовірність збереження працездатності каналу зв'язку при впливі ЗДФ.

Для практичної оцінки живучості МЗ коефіцієнт оперативної готовності каналу зв'язку розраховується як ймовірність зв'язності між двома точками підключення до МЗ спецкористувачів за методикою, наведеною в п. 2.3.

Рівень збитку, заподіюваного МЗ при впливі ЗДФ, вибирають відповідно до переліку можливих джерел ДФ (або самих ДФ), при впливі яких МЗ повинна зберігати свою працездатність відповідно до таблиці 2.2. Вибір можливих джерел ДФ, які можуть впливати на МЗ, проводить оператор зв'язку відповідно до завдань, які ставляться перед МЗ в частині забезпечення її живучості до впливу ЗДФ.

Вимоги до надійності МЗ залежно від її призначення і каналів зв'язку, що організуються в МЗ, відповідно до [36], наведені в таблиці 2.4. Вимоги до живучості МЗ відповідно до категорії МЗ і рівня збитку, очікуваного в МЗ після впливу обраних джерел ДФ, наведені в таблиці 2.5.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оцінку показників живучості (надійності і живучості) МЗ проводять розрахунковим шляхом за значенням ймовірності зв'язності (далі – зв'язності) напрямків і каналів зв'язку. Показники зв'язності знаходяться при представленні МЗ у вигляді графа МЗ. Основою для побудови графа МЗ служить системний проект МЗ.

Граф МЗ являє собою сукупність вершин і ребер, що їх з'єднують (рисунок 2.1). Для МЗ вершинами графа є такі елементи мережі (зазвичай вузли зв'язку), до яких направлені не менш трьох ліній зв'язку. Ребра графа МЗ являють собою сукупність ліній зв'язку (систем передачі), які з'єднують названі вершини графа. Зв'язність визначається між елементами графа МЗ, якими можуть бути точки закінчення каналів і трактів (обрані вершини графа). Для спецкористувачів точками, між якими розраховуються показники живучості, є точки прив'язки (вузли прив'язки) каналів зв'язку спецкористувачів до МЗ.

Для вершин і ребер побудованого графа МЗ (елементів МЗ) знаходять параметри, що визначають їхню живучість до ЗДФ. При оцінці надійності МЗ такими параметрами є коефіцієнти готовності елементів (устаткування) МЗ, а при оцінці живучості – коефіцієнти оперативної готовності елементів МЗ.

Коефіцієнти готовності елементів МЗ (вузлів і ліній зв'язку) знаходять відповідно до паспортних даних на устаткування і кабелі зв'язку. Вони також можуть бути обчислені за середнім часом наробітку на відмову і часу відновлення, які наводяться виробником у технічній документації на встановлюване устаткування зв'язку.

Коефіцієнти оперативної готовності елементів МЗ знаходять по формулі (1.2). При впливі ЗДФ відмова будь-якого елемента МЗ рівноймовірна. Тому при обраному можливому рівні збитку на МЗ після впливу ЗДФ (див. табл. 2.2), значення $P(T)$ для всіх елементів мережі однакове. Значення $P(T)$ вибираються з таблиці 2.3 за рівнем можливого збитку, що завдається елементам МЗ впливом ЗДФ.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Залежність ймовірності збереження працездатності елементів МЗ
від збитку, заподіюваного впливом ЗДФ

Збиток, що завдається елементам МЗ впливом ЗДФ, %	Ймовірність збереження працездатності елементів МЗ $P(T)$
До 50	0,5
До 30	0,7
До 10	0,9

Показники надійності МЗ (ймовірність зв'язності між будь-якими вершинами графа МЗ) визначаються методом перебору простих ланцюгів відповідно до п. 2.3.

Результати розрахункової оцінки живучості МЗ слід порівняти з вимогами по надійності МЗ, наведеними в таблицях 2.4 і 2.5 у відповідності до рівнів збитку, наведених у таблиці 2.2. У випадку невідповідності показників живучості МЗ, отриманих при розрахунковій оцінці, вимогам необхідно провести заходи, спрямовані на підвищення живучості МЗ, і повторити розрахункову оцінку.

Перед проведенням розрахункової оцінки живучості МЗ варто провести попередній аналіз живучості МЗ за додатковими (вторинними) критеріями живучості. Можна очікувати, що живучість МЗ буде достатньою, якщо:

- структура побудови МЗ така, що забезпечує мінімум три незалежні шляхи зв'язку для основних напрямків зв'язку;
- у МЗ забезпечується можливість перерозподілу каналів на основних напрямках зв'язку;
- у МЗ передбачена взаємодія з іншими мережами зв'язку, що входять у загальну систему зв'язку, для забезпечення взаємного резервування каналів зв'язку;

- у МЗ застосовуються лінії зв'язку з різним середовищем поширення сигналу;
- у МЗ передбачається система відновлення об'єктів зв'язку при їхньому можливому руйнуванні;
- на основних напрямках зв'язку застосовуються кабелі зв'язку, прокладені в ґрунті.

У вимогах до живучості МЗ вказується допустимий рівень зниження показників зв'язності на основних напрямках зв'язку після впливу ЗДФ. Для відновлення показників зв'язності на МЗ повинна бути передбачена система відновлення. Наявність системи відновлення визначає потенційну можливість (навіть при максимальних збитках, що заподіюються МЗ при впливі ЗДФ) адаптуватися до умов експлуатації, що змінилися, і протягом заданого часу розгортання забезпечити спецкористувачів послугами зв'язку в необхідному обсязі.

Виконання перерахованих вище додаткових показників живучості МЗ є передумовою забезпечення необхідних основних показників живучості МЗ, що перевіряються розрахунком за методикою, яка викладена в п. 2.2 далі.

Для забезпечення підтримки живучості МЗ в процесі експлуатації проводять моніторинг МЗ. Для цього проводиться відстеження змін топології МЗ при модернізації устаткування і ліній зв'язку, включення в роботу нових і виведення з експлуатації застарілих ліній зв'язку. При значній модернізації проводять повторну оцінку живучості МЗ і вживають певні заходи для забезпечення необхідної її живучості. Моніторинг живучості функціонування МЗ є складовою частиною процесу експлуатації, який організує оператор МЗ.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.2 Вимоги до живучості мережі зв'язку

Вимоги до живучості функціонування МЗ складаються з вимог (технічних норм) до показників надійності МЗ [12], наведених у таблиці 2.4, і вимог до надійності основних напрямків зв'язку, наведених у таблиці 2.5.

Таблиця 2.4

Технічні норми показників надійності МЗ

Тип МЗ	Найменування показника	Норма, не менш
Мережа міжміського і міжнародного телефонного зв'язку	Коефіцієнт готовності K_r	0,999
Мережа зонових телефонних зв'язку		0,9995
Мережа місцевого телефонного зв'язку		0,9999
Телеграфна мережа електрозв'язку і мережа Телекс		0,9999
Мережа передачі даних		0,99

Таблиця 2.5

Вимоги до надійності основних напрямків зв'язку залежно від збитку МЗ, що завдається впливом ЗДФ

Рівень збитку	Збиток МЗ, який завдається впливом ЗДФ, %	Коефіцієнт оперативної готовності напрямків зв'язку для різних категорій спецкористувачів Do_r			Коефіцієнт оперативної готовності для каналів зв'язку звичайних споживачів
		1	2	3	
Високий	До 50	0,80	0,75	0,7	—
Середній	До 30	0,85	0,80	0,75	—
Низький	До 10	0,9	0,85	0,8	0,8

2.2 Методика оцінки відповідності мережі заданим вимогам забезпечення живучості

Показники надійності і живучості МЗ носять ймовірнісний характер, і їхня оцінка здійснюється розрахунковим шляхом на основі показників надійності і живучості елементів аналізованої МЗ.

Методика розрахункової оцінки надійності і живучості МЗ заснована на аналізі її структури. Для цього використовується математичний апарат графів і за допомогою методу перебору простих шляхів (ланцюгів) знаходиться зв'язність між елементами графа. МЗ моделюється графом, вершинами і ребрами якого є вузли і лінії зв'язку. Вершини графа являють собою вузли зв'язку, а ребра – сукупність ліній зв'язку (ліній передачі), які з'єднують вершини графа між собою. Всім елементам графа (вершинам і ребрам) привласнюють ваговий коефіцієнт, що представляє собою коефіцієнт готовності вузла або лінії зв'язку при розрахунку показників надійності МЗ (при розрахунку показників живучості ваговими коефіцієнтами є коефіцієнти оперативної готовності вузлів і ліній зв'язку). На побудованому графі МЗ виділяють два полюси (дві вершини – «джерело» і «стік»), які відзначають обраний напрямок зв'язку.

Метод розрахункової оцінки зв'язності між елементами графа за допомогою перебору простих шляхів полягає в тому, що для обраних полюсів графа МЗ, відповідно до алгоритму встановлення зв'язку, відзначаються всі шляхи, по яких може бути встановлене з'єднання. Під подією зв'язності розуміють таку подію, коли між «джерелом» і «стоком» у працездатному стані існує хоча б один простий шлях. Якщо між полюсами МЗ в працездатному стані немає жодного простого шляху, то у двополюсній мережі настає подія незв'язності. Під простим шляхом розуміють послідовність ребер і вершин графа без петель і паралелей, що замикають полюси (обрані вершини) між собою. Далі на графі МЗ виділяють всі прості шляхи (m_{ij}) між виділеною парою полюсів (вузлів) v_i і v_j мережі.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При заданих коефіцієнтах готовності (або оперативної готовності) для всіх елементів графа зв'язність двополюсної мережі між виділеними вузлами v_i і v_j розраховується методом об'єднання простих шляхів з врахуванням ефекту поглинання.

При практичних розрахунках перелік простих шляхів m_{ij} між вузлами v_i і v_j обмежують тільки тими шляхами, які містять припустиме число транзитних ділянок (ребер графа), що залежить від припустимого рівня викривлень інформації, що передається лінією зв'язку. Число транзитних ділянок визначає ранг простих шляхів – r_{\max} . Таким чином, повний перелік простих шляхів між вузлами зв'язку визначається з урахуванням максимально припустимого числа транзитних ділянок (обмеження рангу простих шляхів).

Зв'язністю $P_{\mu_{ij}^k}$ k -го шляху μ_{ij}^k з переліку всіх шляхів m_{ij} називається спільна ймовірність готовності всіх ребер і вершин, що утворюють цей шлях:

$$P_{\mu_{ij}^k} = \prod_{\forall b_{xy} \in \mu_{ij}^k} P_{b_{xy}}, \quad (2.3)$$

де $P_{b_{xy}}$ — ймовірність безвідмовної роботи, яка може бути використана як коефіцієнт готовності (або оперативної готовності), елемента b_{xy} послідовності ребер і вершин, що належать шляху μ_{ij}^k .

Ймовірність зв'язності P_{ij} від v_i до v_j (напрямку зв'язку $i-j$) – це ймовірність справного стану (готовності) хоча б одного шляху із всіх можливих шляхів або (при обмеженні числа транзитних ділянок r_{\max}) хоча б одного шляху із допустимим рангом:

$$P_{ij} = 1 - \prod_{\forall \mu_{ij}^k \in m_{ij}} (1 - P_{\mu_{ij}^k}). \quad (2.4)$$

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У реальних умовах шляхи часто взаємозалежні, тобто мають спільні ребра і вершини. При цьому ймовірність зв'язності, обчислена за формулою (2.4), має завищене значення (верхня границя). Дійсне значення вийде, якщо при обчисленнях по формулі (2.4) після розкриття дужок показники ступенів членів, що більші за одиницю, замінити на 1, що відповідає виключенню багаторазового урахування коефіцієнта готовності (або оперативної готовності) кожного елемента (ребра або вершини), який використаний у шляхах багаторазово. Така дія позначається символом E і називається поглинанням [13]. Формула для обчислення зв'язності тоді приймає такий вигляд:

$$P_{ij} = E \left\{ 1 - \prod_{\forall \mu_{ij}^k \in m_{ij}} \left(1 - p_{\mu_{ij}^k} \right) \right\}. \quad (2.5)$$

Число співмножників, що перемножуються, у формулах (2.4) і (2.5) дорівнює числу простих шляхів, а число співмножників, що перемножуються, у формулі (2.3) дорівнює числу ребер і вершин в одному шляху. Таким чином, показники надійності і живучості МЗ за ймовірностями зв'язності двополосного графа обчислюють за формулою (2.5).

Узагальнений показник живучості всієї МЗ можна отримати за формулою (2.6):

$$P_{ТКМ} = \frac{\sum_{\forall t_s \in T} \zeta_{t_s} \cdot P_{t_s}}{\sum_{\forall t_s \in T} \zeta_{t_s}}, \quad (2.6)$$

де T – множина усіх напрямків зв'язку МЗ;

t_s – один з напрямків зв'язку з множини T ;

ζ_{t_s} – коефіцієнт важливості напрямку зв'язку t_s ;

$P_{t_s} = p_{ij}$ – ймовірність зв'язності напрямку зв'язку t_s між пунктами v_i і v_j .

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Описаний метод використаний як основа реалізації ПЗ системи ОЖМЗ для автоматизованого розрахунку живучості МЗ.

2.3 Технічне завдання на проектування системи

2.3.1 Призначення проектованої системи

Розроблювальна система ОЖМЗ призначена для виконання оцінного розрахунку живучості МЗ заданої структури до ДФ різної природи. Структура МЗ моделюється неорієнтованим графом.

2.3.2 Вимоги до системи

До розроблювальної системи ОЖМЗ висувається низка вимог: функціональних, технічних, інформаційних, інтерфейсних. Зазначення цих вимог дозволяє обмежити вільність вибору і рішень при проектуванні та реалізації системи.

Функціональні вимоги до системи ОЖМЗ.

Система повинна виконувати дві основні функції:

- надання конкретного методу оцінного аналізу і розрахунку структурної надійності мереж зв'язку (методична частина);
- програмну підтримку розрахунків відповідно до використовуваного методу (програмна частина).

Таким чином, система ОЖМЗ містить у собі методичне і програмне забезпечення. Методичне забезпечення являє собою сукупність двох моделей: моделі представлення мережі як об'єкта аналізу, а також математичної моделі розрахунків показників, що характеризують її структурну надійність. Програмне забезпечення (ПЗ) реалізує структури і алгоритми математичної моделі у вигляді прикладного інструмента – комп'ютерного застосування.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Функціональні вимоги, що висуваються до методичного забезпечення системи, регламентують основні можливості системи і склад вхідних і вихідних даних.

До складу вхідних даних для оцінки структурної надійності мережі входять:

- дані про структуру МЗ (розмірність, структурна матриця);
- дані про надійність елементів МЗ (матриця готовності гілок МЗ);
- вимоги до шляхів зв'язку (максимальний ранг, мінімальна живучість).

Серед цих даних є основні, наявність яких є необхідною для застосування системи ОЖМЗ, і додаткові, які можуть бути використані для уточнення моделі мережі.

Основні вхідні дані включають:

- B_p – структурну матрицю готовності, елементами якої є коефіцієнти готовності наявних у мережі гілок;
- Φ – матрицю пар вузлів, що тяжіють, елементами якої є вагові характеристики ζ_{ij} важливості відповідних зв'язків.

До додаткових вихідних даних можуть відноситися:

- r_{\max} – максимальний ранг шляхів передачі інформації;
- p_{\min} – мінімально допустиме значення коефіцієнти готовності шляху, який допускається використовувати для передачі інформації.

Структура аналізованої мережі моделюється у вигляді звичайного (неорієнтованого) графа з таким допущенням: вузли графа припускаються абсолютно надійними; ненадійність реальних вузлів перерозподіляється між гілками мережі. Приклад графа, який моделює МЗ розмірністю 5, показаний на рисунку

Живучість МЗ і гілок моделюється за показниками:

- K_T – коефіцієнт готовності (показник надійності) у штатних умовах функціонування;

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- $K_{o.g}$ – коефіцієнт оперативної готовності (показник живучості) в умовах впливу дестабілізуючих факторів.

Обидва показники визначають ймовірність p безвідмовної роботи відповідного елемента: гілки, шляху, напрямку зв'язку або усієї МЗ при забезпеченні зв'язності в обраному напрямку зв'язку у вказаних умовах функціонування.

Функціональні вимоги, що висуваються до програмної частини системи, регламентують реалізацію можливостей системи у вигляді функцій її ПЗ, а також формати вхідних і вихідних даних.

ПЗ системи ОЖМЗ повинно виконувати такі функції:

- підтримка введення вхідних даних про аналізовану мережу зв'язку;
- розрахунок значень необхідних показників живучості МЗ;
- індикація процесу розрахунку;
- реакція на керуючі впливи користувача в процесі тривалого розрахунку;
- формування звіту про результати розрахунку з можливістю налаштування його зовнішнього вигляду;
- підтримка налаштування параметрів функціонування ПЗ системи.

Погрішність обчислень не повинна перевищувати 10^{-5} .

Технічні вимоги до ПЗ системи ОЖМЗ.

Технічні вимоги регламентують вимоги до складу і параметрів технічних засобів, необхідних для функціонування ПЗ системи.

- ПЗ системи повинно бути сумісним з комп'ютерами архітектури x86 та x64;
- ПЗ системи повинне бути сумісним з операційною системою Windows для персональних комп'ютерів;
- повинні підтримуватися стандартні пристрої введення: клавіатура і миша;
- повинні підтримуватися стандартні системи відеовиводу.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інформаційні вимоги до системи ОЖМЗ.

Інформаційні вимоги до системи регламентують вимоги до формату вхідних даних та результатів роботи системи.

Вхідні дані для системи можуть задаватися в інтерактивному режимі роботи з ПЗ системи або бути підготовлені у вигляді текстових файлів заданого формату.

Формат зберігання результатів роботи системи повинен бути універсальним з метою забезпечення можливості їхнього перегляду і редагування сторонніми засобами.

Інтерфейсні вимоги до системи ОЖМЗ.

ПЗ системи повинно мати зручний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача. Тривалі операції повинні супроводжуватися візуальною індикацією.

Інтерфейсу взаємодії системи з іншим програмним, апаратним забезпеченням або зовнішніми джерелами даних не передбачено.

2.4 Проектування програмного забезпечення системи

2.4.1 Модульна структура системи

В якості основного принципу структурування програмної частини системи ОЖМЗ використаємо функціонально-модульний підхід. Програмне забезпечення, що розробляється відповідно до цього принципу, складається з модулів, кожен з яких можна розробляти та змінювати незалежно від інших частин програми. Елементами модулів є функції, які також розроблюються і модифікуються по можливості незалежно одна від одної.

Програмна частина системи ОЖМЗ складається з таких модулів:

- модуль аналізу МЗ (*FixedNetworkModule*) – реалізує системні процедури імітаційного моделювання МЗ і розрахунку її живучості;

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– модуль оболонки системи (*ShellModule*) – реалізує елементи інтерфейсу користувача.

На рисунку 2.1 показана схема основних компонентів ПЗ ОЖМЗ: форми інтерфейсу користувача і програмні модулі.

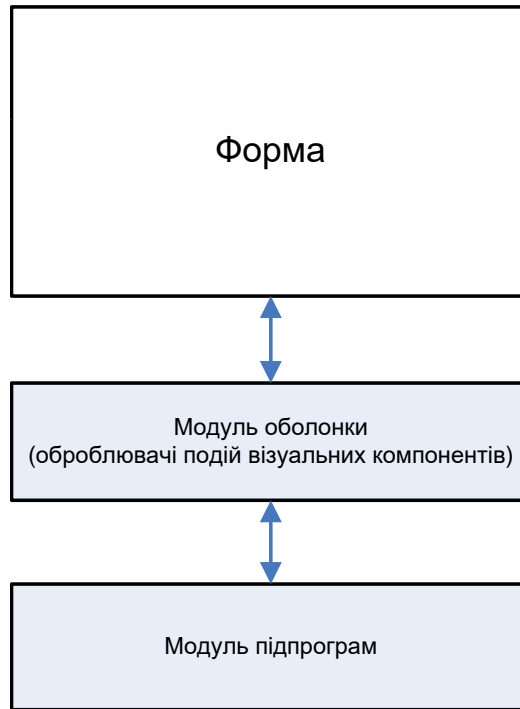


Рис. 2.1 – Структура компонентів програмного забезпечення системи ОЖМЗ

2.4.2 Функціональна структура системи

Вміст модуля оболонки складають оброблювачі подій візуальних компонентів ПЗ системи, з якими взаємодіє користувач.

Зміст модуля аналізу мережі довільної структури складають основні процедури вводу-виводу, що викликаються з оброблювачів подій візуальних компонентів форми, а також службові підпрограми.

2.4.3 Алгоритми системи

Обробники подій візуальних компонентів ПЗ системи викликають основні процедури модуля аналізу. Основною частиною модуля аналізу є дві основні процедури:

- обчислення живучості одного обраного напрямку зв'язку;
- обчислення живучості всієї МЗ з урахуванням коефіцієнтів важливості напрямків зв'язку.

Обидві процедури викликають підпрограми розрахунків з модуля ядра і відображають результати користувачеві. Алгоритм основної процедури першого типу у вигляді блок-схеми показаний на рисунку 2.2.

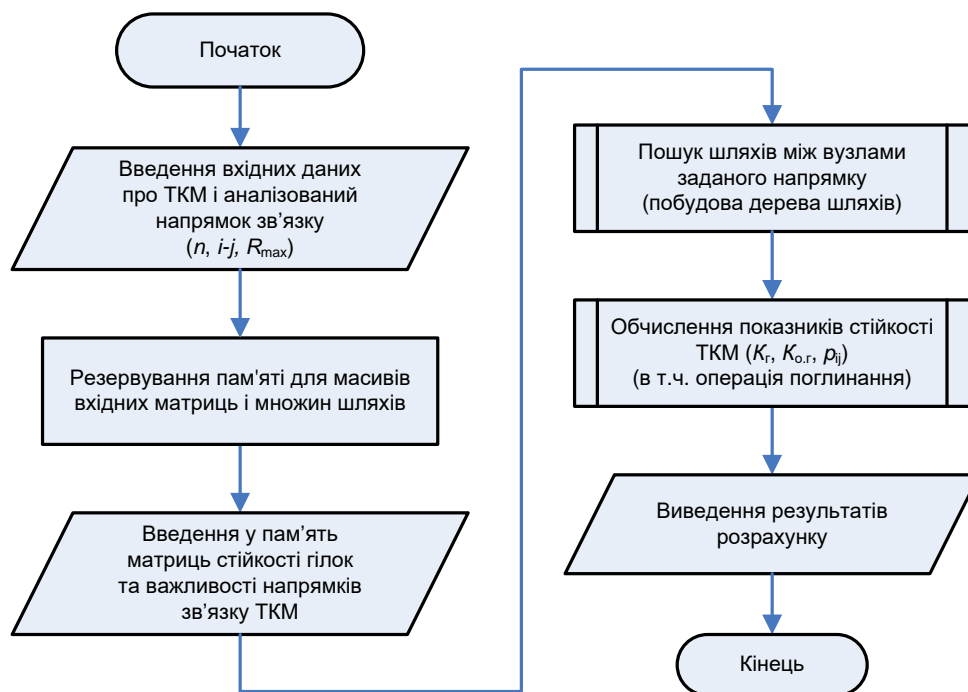


Рис. 2.2 – Алгоритм основної процедури розрахунку живучості за одним напрямком зв'язку

Алгоритм основної процедури другого типу відрізняється від наведеного вище алгоритму тим, що дії пошуку шляхів і обчислення показників живучості циклічно повторюються для кожного з аналізованих напрямків

зв'язку, а по завершенні циклу розраховується показник загальної живучості МЗ за формулою (2.6). Коефіцієнти важливості для таких напрямків є більшими за нуль і подаються у відповідній вхідній матриці Φ .

Основні процедури системи звертаються до робочих підпрограм (процедур та функцій) з модуля аналізу:

- *PRWij* – функція розрахунку ймовірності зв'язності для одного напрямку зв'язку, яка здійснює пошук шляхів між пунктами заданого напрямку зв'язку і викликає підпрограми розрахунку;
- *Expand2* – функція розкриття дужок при множенні двох багаточленів з поглинанням;
- *MulOfMul* – функція добутку двох знакових елементів-множників з поглинанням;
- *Mul* – функція обчислення знакового добутку ймовірностей безвідмовної роботи гілок;
- *GnomeSort* – процедура сортування цілих в масиві за зростанням;
- *GnomeSortWODoubles* – процедура сортування цілих в масиві за зростанням з усуненням дублів (однакових елементів);
- *PathToBranches* – функція перетворення представлення шляху як набору вузлів в набір неорієнтованих гілок.

Першою важливою частиною алгоритму функції *PRWij* є мережевий алгоритм пошуку шляхів рангу від 1 до r_{\max} між заданими вузлами МЗ – витоком і стоком – які забезпечують зв'язність обраного напрямку у МЗ.

Визначення множини шляхів засновано на побудові дерева шляхів (рис. 2.3) з фіксованої вершини-витока (кореня дерева) в усі інші вершини-стоки графа (вхідні вершини). Для побудови дерева шляхів необхідно, насамперед, відзначити «яруси» дерева. На ярусі $r = 0$ міститься вершина-виток – «корінь» дерева. На ярусі $r = 1$ розташовуються вершини, суміжні вершині-витоку, тобто вершини, шляхи в які з вершини-витока мають ранг, що дорівнює одиниці. На ярусі $r = 2$ розташовуються вершини, суміжні

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вершинам, розташованим на ярусі $r = 1$, тобто вершини, шляхи в які з вершини-витоки мають ранг $r = 2$ і т. д.

При записі вершин на ярус $r = 2$ і наступні яруси необхідно стежити за тим, щоб шляхи, що утворюються, рангів 2, 3 і т. д. були простими (самонепересічними), тобто щоб жодна вершина в шляху не повторювалася більш одного разу. Максимальне значення ярусу (рангу шляхів) $r_{\max} = n - 1$ (n – кількість вершин графа).

Дерево шляхів містить усі шляхи з фіксованої вершини-витока в усі інші вершини. При цьому на ярусі 1 утримуються усі шляхи першого рангу, на ярусі 2 – усі шляхи другого рангу тощо. Таким чином, на деякому k -му ярусі утримується інформація про усі шляхи k -го рангу з фіксованої вершини-джерела графа в усі інші вершини.

Для отримання шляхів між витокком і стоком під час побудовання дерева шляхів треба відмічати або копіювати шляхи, які закінчуються у вершині-стоку.

Алгоритм пошуку шляхів рангу від 1 до r_{\max} між заданими вузлами МЗ проілюстрований блок-схемою на рисунку 2.4.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

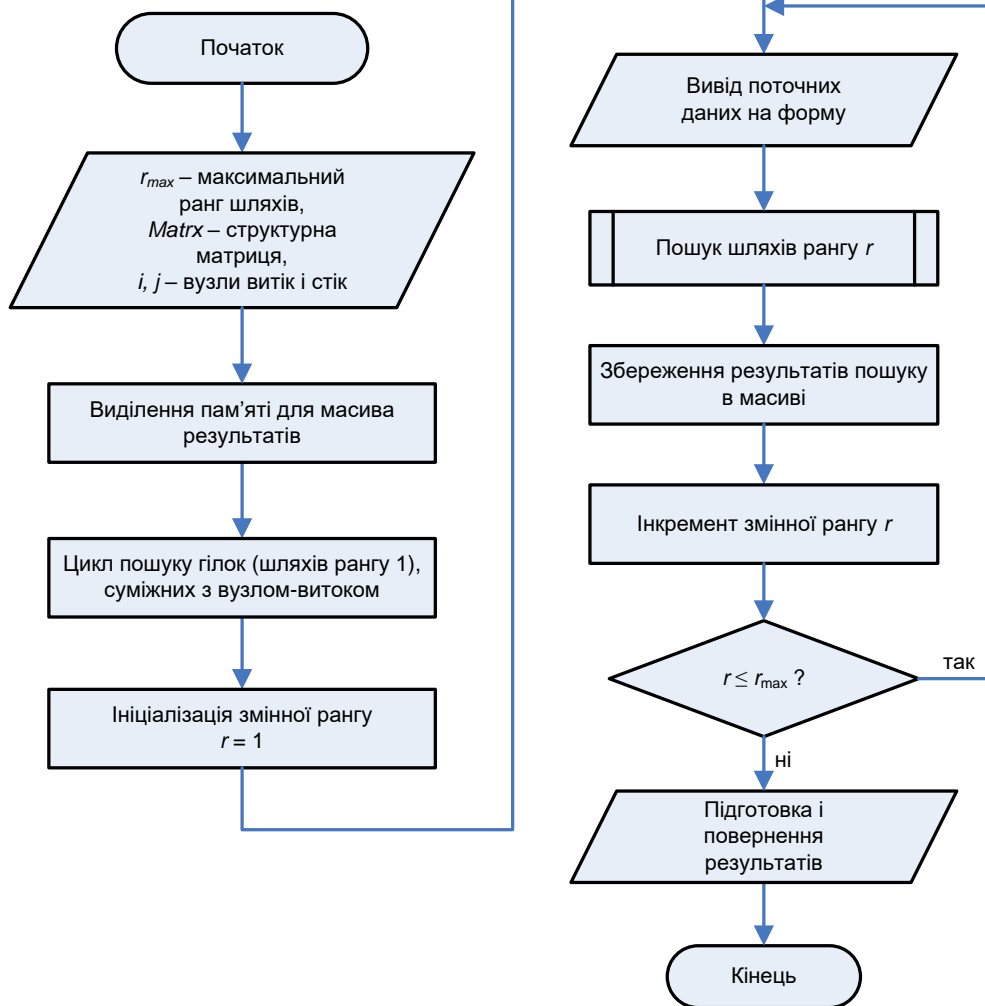


Рис. 2.4 – Алгоритм пошуку існуючих шляхів у заданому напрямку зв'язку

Другою важливою частиною алгоритму функції *PRWij* є алгоритм множення виразів для ймовірностей відмови усіх шляхів (розкриття відповідних дужок) з поглинанням. Цей алгоритм містить цикл по шляхах певного рангу у циклі по всіх рангах. У внутрішньому циклі виконується підготовка та множення двох сум (багаточленів) за допомогою функції *Expand2*. Блок-схема алгоритму наведена на рисунку 2.5.

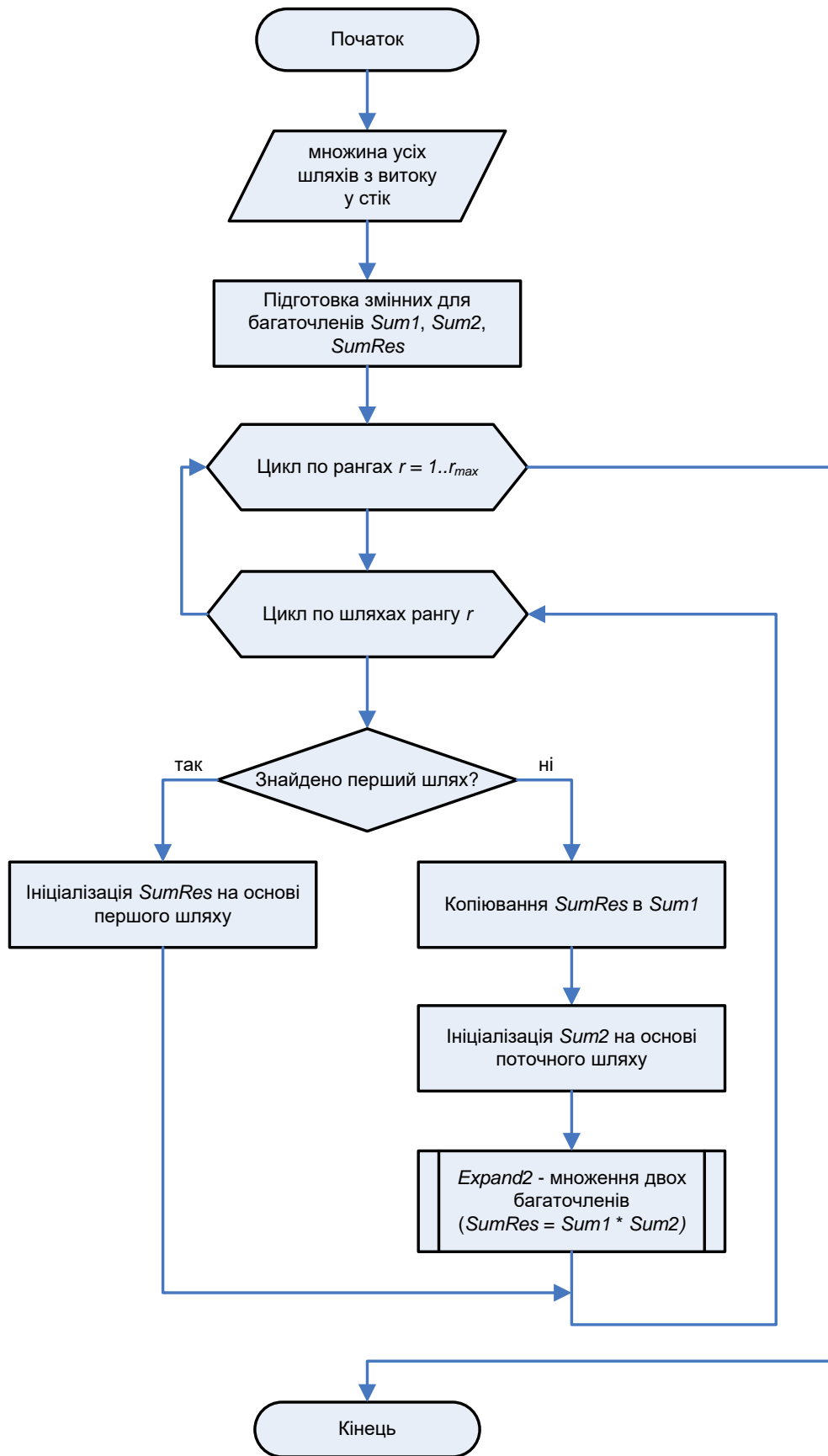


Рисунок 2.5 – Алгоритм множення виразів для ймовірностей відмови усіх шляхів з виток у стік з поглинанням

Функція *Expand2* розкриття дужок при множенні двох багаточленів з поглинанням приймає на вході два параметри-дужки: одна дужка – з $r1$ доданками, інша – з $r2$ доданками, кожний з доданків – добуток, що представляє ймовірність безвідмовної роботи шляху або декількох послідовних шляхів, складених з відповідних гілок. На виході функції – один параметр-дужка з $r1*r2$ доданками, причому в добутках відсутні однакові співмножники (результат операції поглинання). В основі алгоритму функції є цикл по елементах другої дужки в циклі по елементах першої дужки, що викликає функцію множення двох членів *MulOfMul*. Блок-схема алгоритму наведена на рисунку 2.6 (а).

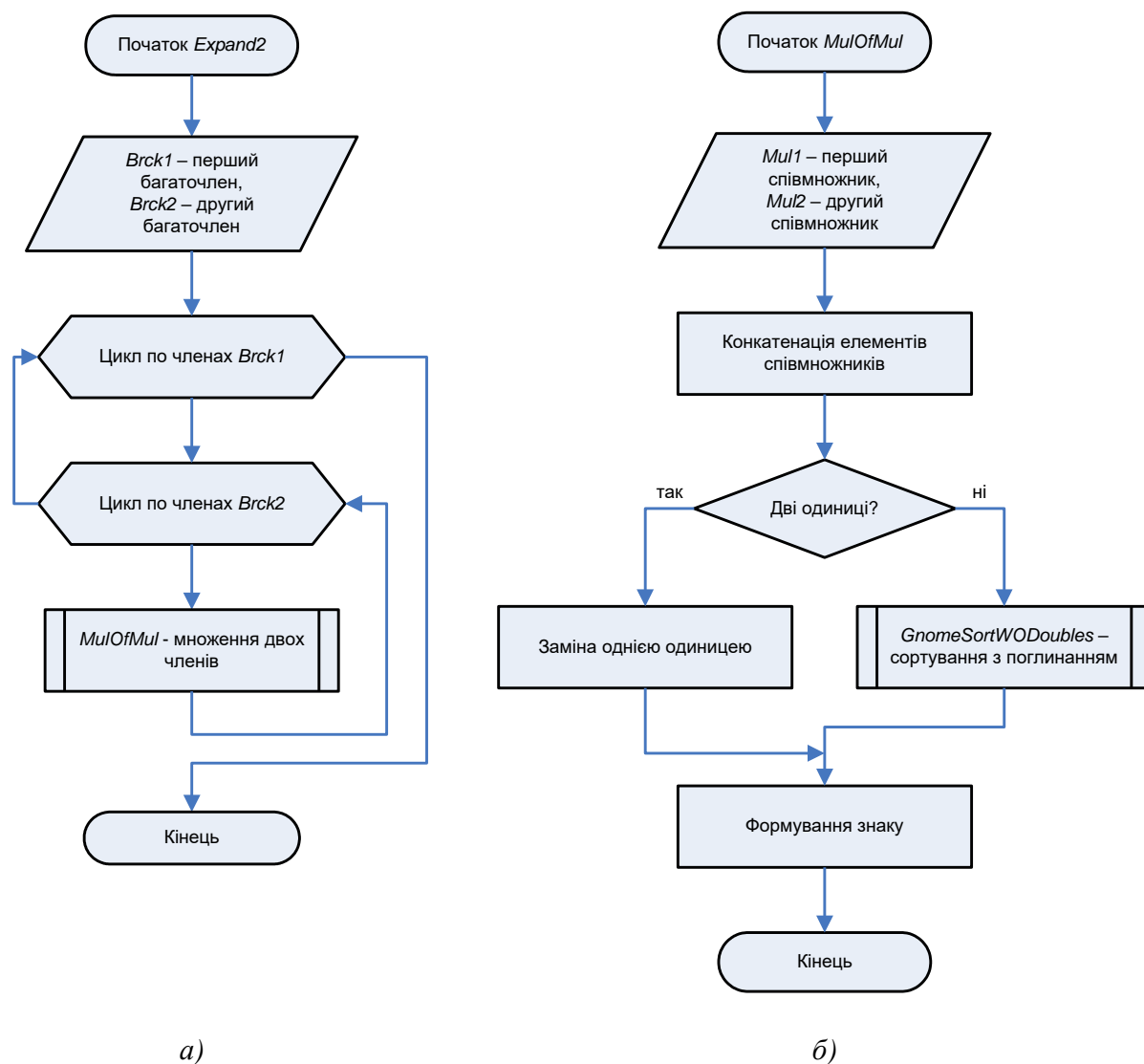


Рис. 2.6 – Алгоритми розкриття дужок при множенні (а) та множення співмножників (б)

Функція *MulOfMul* добутку двох знакових елементів-співмножників з поглинанням. Елемент-співмножник може бути одиницею або добутком змінних показників живучості гілок. Суть алгоритму функції полягає у конкатенації двох наборів співмножників з наступним сортуванням, виключенням дублів і поглинанням одиниць множниками. Відповідна блок-схема алгоритму наведена на рисунку 2.6 (б).

Висновки до другого розділу

В даному розділі розроблені структура модулів і блок-схеми основних алгоритмів. Це дозволяє приступити до реалізації системи підтримки дослідження.

1. Проаналізовані і висвітлені основні положення щодо оцінки живучості мереж зв'язку.
2. Запропонована методика оцінки відповідності мережі зв'язку заданим вимогам забезпечення живучості.
3. Розроблено технічне завдання на проектування системи підтримки дослідження.
4. Виконано проектування програмного забезпечення системи: розроблені структура модулів і функцій програмної системи підтримки дослідження, розроблені основні алгоритми процедур розрахунку живучості за показником кількості шляхів по одному напрямку зв'язку в мережі.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОЇ ПІДТРИМКИ СИСТЕМИ І ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ЖИВУЧОСТІ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

3.1 Вибір засобів реалізації програмної підтримки дослідження

Вибір інструментальних засобів для реалізації підтримки розрахунків і розробки програмного забезпечення системи ОЖМЗ здійснюватимемо з урахуванням функціональних вимог до системи, можливостей різних засобів, а також зручності організації взаємозв'язку та взаємодії різних програмних інструментів, що використовуються для моделювання мереж і аналізу їхньої структурної живучості.

Основним засобом програмної підтримки системи оберемо Microsoft Excel — табличний процесор, що входить до пакету Microsoft Office. Excel є одним із найпопулярніших застосунків у світі. Ця програма призначена для роботи з електронними таблицями і забезпечує можливості для економіко-статистичних розрахунків, містить графічні інструменти та підтримує мову програмування Visual Basic for Application (VBA).

В якості середовища розробки використовуватимемо Microsoft Visual Basic 7.0, яке входить у пакет Microsoft Office 2010 і використовує мову Visual Basic for Applications v7. VBA є інтерпретованою мовою, яка побудована на компонентній об'єктній моделі COM. Це дає можливість використовувати будь-які COM-об'єкти, які доступні в Windows [37]. Основною перевагою середовища Microsoft Visual Basic порівняно з іншими в даному випадку є легкість інтеграції з робочими книгами табличного процесору Excel, в яких візуалізуються результати розрахунків.

На основі розробленої раніше модульної структури компонентів системи (підрозділ 2.4.2) була створена робоча книга Excel «Мережа заданої структури.xls» і описані далі модулі.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк. 51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На робочому листі «Мережа» книги розміщені дві кнопки – «Розрахунок живучості одного зв'язку» і «Розрахунок живучості мережі», які запускають процедури відповідних розрахунків.

До інтерфейсної частини системи також відноситься графічна форма, яка містить індикатори процесу аналізу, який виконує програмна частина системи. Її зовнішній вигляд показаний на рисунку 3.2. Ця форма містить індикатори параметрів: рангу шляхів, номер базового шляху під час пошуку шляхів або відшукання ймовірності відмови, номер доданку при множенні багаточленів, а також кнопку переривання процесу розрахунку.

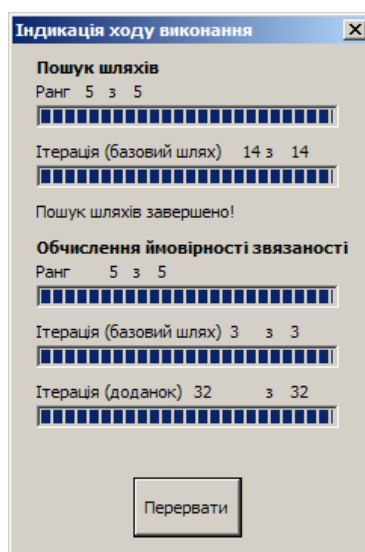


Рис. 3.2 – Форма індикації процесу аналізу мережі

3.2.2 Розрахунки на робочих листах

Особливістю розрахунків за допомогою табличного процесора *Excel* є розробка розрахункових формул у поєднанні з настроюванням зовнішнього вигляду результатів розрахунків. Робочий лист *Excel*, таким чином, містить невидиму частину (розрахункові формули) і видиму частину (зовнішній вигляд таблиць).

На листі «Мережа» містяться розрахункові формули, які описані нижче.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Перевірка «витік < стік»:

```
=ЕСЛИ(ИЛИ(RC[-1]>R[-1]C[-5];RC[-1]<R[-1]C[-1]));"!"; "")
```

Перевірка на максимальний ранг («ранг < n»):

```
=ЕСЛИ(RC[-1]>RC[-9]-1;!"; "")
```

Елементи під головною діагоналлю матриць містять посилання на відповідні елементи над головною діагоналлю (оскільки для неорієнтованої мережі вони мають однакові значення).

Обчислення часу аналізу живучості в секундах:

```
=R[-1]C[1]-R[-2]C[1]
```

3.2.3 Програмна реалізація системи

Кнопки «Розрахунок живучості одного зв'язку» і «Розрахунок живучості мережі» (рисунк 3.1) запускають процедури відповідних розрахунків. Як вхідні дані, так і результати аналізу живучості розміщені на одному робочому листі «Мережа».

Модульна структура проекту ПЗ системи ОЖМЗ реалізована засобами *Excel/VBA* в такий спосіб: модуль оболонки розміщений в області коду самого листа «Мережа» робочої книги, а модуль аналізу – в окремому модулі *FixedNetworkModule* робочої книги. Вихідний код модуля аналізу наведений в додатку А.

Обробники натискання на кнопки на робочому листі виконують завантаження форми у пам'ять та її відображення, а також викликають основні процедури розрахунків живучості. Текст обробника кнопки «Розрахунок живучості одного зв'язку»:

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
' Запуск форми  
Load MyForm  
MyForm.Show  
Call Calc1DC
```

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

End Sub

З формою індикації пов'язаний програмний код обробників натискання кнопки «Перервати».

Сутність обробника натискання кнопки «Перервати» полягає лише у встановленні прапора переривання *Interrpt*:

```
Private Sub BtnStop_Click()  
  Interrpt = 1  
End Sub
```

Цей прапор відслідковується у підпрограмах пошуку шляхів і множення багаточленів: якщо буде виявлене його встановлене значення, підпрограма аварійно завершиться. Приклад перевірки прапора переривання:

```
DoEvents ' Передаємо керування ОС ненадовго, при цьому оновиться форма  
If Interrpt = 1 Then ' якщо була натиснута кнопка Перервати,  
  Unload MyForm ' знищуємо форму  
  End ' або Exit Sub - завершуємо роботу програми або процедури  
End If
```

3.3 Організація проведення імітаційного дослідження

Проведене дослідження включало імітаційне моделювання і аналітичну обробку його результатів. Імітаційне моделювання складалося з декількох імітаційних експериментів, в кожному з яких була проаналізована мережа із певними структурними характеристиками.

Моделювання проводилося на комп'ютері з такими характеристиками:

- процесор AMD A8-7650K, 4 ядра по 3,3 ГГц;
- оперативна пам'ять 12 ГБайт DDR3 DRAM PC3-12800H на частоті 800 МГц;
- операційна система Microsoft Windows 10 64 bit (Build 22H2);
- табличний процесор *Excel* з пакету *Microsoft Office 2010 32 bit*.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вхідні дані експериментів склалися с загальних і індивідуальних параметрів. Загальні параметри експериментів:

- максимальне стандартне відхилення середнього сумарного числа шляхів $D(M_{\Sigma})_{\max} = 5\%$;
- стійкість стандартного відхилення $T = 10$ випробувань – кількість випробувань, при якому виконується умова $|\Delta(M_{\Sigma})| < D(M_{\Sigma})_{\max}$;

Індивідуальні параметри експериментів:

- розмірність мережі N ;
- ймовірність утворення кожного ребра p – діапазон і крок;
- максимальний ранг шляхів R_{\max} .

Окремим питанням стало визначення достатньої для експерименту кількості T випробувань, які дають достатній обсяг статистичної вибірки. В якості критерію оцінки цього параметру моделювання використовувалася динаміка відхилення усередненої сумарної кількості шляхів рангів від 1 до R_{\max} ($\overline{M_{\Sigma}}$). Оцінка динаміки відхилень здійснювалась за такими показниками:

- $D(\overline{M_{\Sigma}})$ – стандартне відхилення значень $\overline{M_{\Sigma}}$, отриманих у всіх виконаних випробуваннях;
- $D(\{10\} \overline{M_{\Sigma}})$ – стандартне відхилення значень $\overline{M_{\Sigma}}$, отриманих у десяти останніх випробуваннях;
- $|\Delta(\overline{M_{\Sigma}})|$ – модуль відносного відхилення останнього отриманого (t -го) значення $\overline{M_{\Sigma}_t}$ від аналогічного значення, отриманого у попередньому ($(t-1)$ -му) випробуванні ($\overline{M_{\Sigma}_{t-1}}$), у відсотках, яке обчислювалось за формулою:

$$|\Delta(\overline{M_{\Sigma}})| = \frac{|\overline{M_{\Sigma}_t} - \overline{M_{\Sigma}_{t-1}}|}{\overline{M_{\Sigma}_t}} \cdot 100\% . \quad (3.1)$$

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як показали результати більшості експериментів, в циклі уточнюючих випробувань найбільш швидко знижувався показник $|\Delta(\overline{M_\Sigma})|$, тому саме він був використаний для зупинки імітаційного експерименту. Показник $D(\{10\} \overline{M_\Sigma})$ характеризувався меншим розкидом значень, але зазвичай знижувався повільніше і нерідко зупинявся десь на межі 5%.

Аналітичне дослідження зв'язності *ER*-мереж виконувалося в усьому діапазоні рангів шляхів (*R*) і насиченості гілками (*L*).

3.4 Результати дослідження живучості за показником кількості шляхів

В даному випадку досліджувалась живучість мережі з 10 вузлами і 14 гілками. При проведенні експерименту моделювалися шляхи усіх можливих рангів (максимальний ранг шляхів $R_{\max} = 9$).

Результати моделювання показані в таблиці 3.1 і на рисунку 3.3.

В таблицях і рисунках далі використані такі позначення:

- *I* – порядковий номер випробування;
- $M_\Sigma = \overline{M_\Sigma}$ – середня сумарна кількість шляхів рангів від 1 до R_{\max} ;
- $|\Delta(M_\Sigma)| = |\Delta(\overline{M_\Sigma})|$, % – відсоток модуля стандартного відхилення поточного значення M_Σ від отриманого у попередньому випробуванні;
- $D(M_\Sigma)$ – стандартне відхилення значень M_Σ , отриманих у випробуваннях з першого по поточне;
- $D(10 M_\Sigma) = D(\{10\} \overline{M_\Sigma})$ – стандартне відхилення значень M_Σ , отриманих у 10 останніх випробуваннях;
- $D(10 M_\Sigma)$, % – відсоток стандартного відхилення, отриманого у поточному випробуванні, від значення M_Σ .

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати перших 20 ітерацій імітаційного експерименту з параметрами
мережі $N = 10, L = 14$

I	M	$M\Sigma$	$ \Delta(M\Sigma) , \%$	$D(M\Sigma)$	$D(M\Sigma), \%$	$\Delta(D(M\Sigma))$	$D(10 M\Sigma)$	$D(10 M\Sigma), \%$	L
1	2581	2581		0		0			
2	242	1412	83%	827	58,6%	827	827	59%	827
3	1011	1278	10%	717	56,1%	-110	717	56%	717
4	1573	1352	5%	619	45,8%	-98	619	46%	619
5	456	1173	15%	578	49,3%	-41	578	49%	578
6	313	1029	14%	561	54,5%	-17	561	54%	152
7	1418	1085	5%	532	49,0%	-29	532	49%	133
8	1936	1191	9%	499	41,9%	-33	499	42%	123
9	825	1151	3%	473	41,1%	-26	473	41%	67
10	579	1093	5%	454	41,5%	-19	454	42%	63
11	61	1000	9%	443	44,3%	-11	136	14%	73
12	921	993	1%	431	43,4%	-12	118	12%	89
13	1286	1016	2%	419	41,2%	-12	112	11%	69
14	65	948	7%	411	43,4%	-8	84	9%	53
15	3469	1116	15%	398	35,7%	-13	77	7%	62
16	172	1057	6%	387	36,6%	-11	76	7%	64
17	2695	1153	8%	375	33%	-12	81	7%	81
18	618	1123	3%	364	32%	-11	73	6%	81
19	1299	1133	1%	354	31%	-10	70	6%	36
20	115	1082	5%	346	32%	-8	70	6%	39

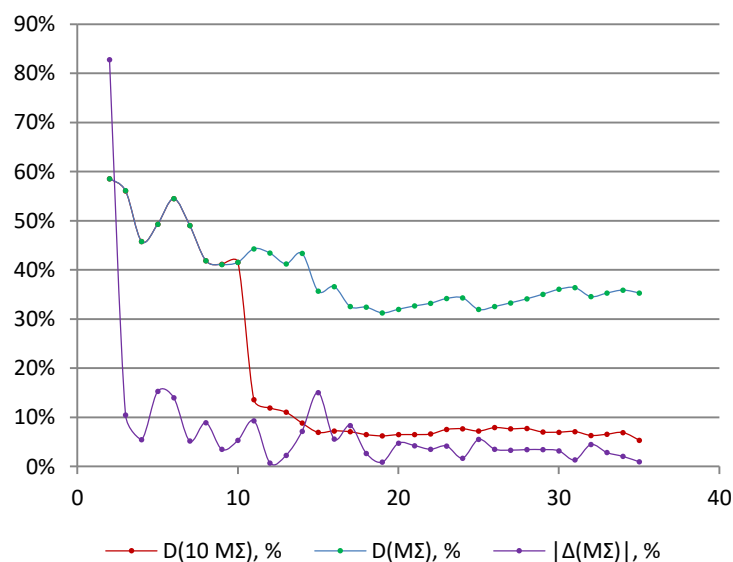


Рис. 3.3 – Динаміка середньої сумарної кількості шляхів $M\Sigma$ і її відхилень з ростом кількості випробувань у мережі з параметрами $N = 10, L = 14$

Як видно на рис. 3.3, показник $D(10 M\Sigma)$ демонструє в даному випадку кращу стабільність, проте саме показник $|\Delta(M\Sigma)|$ швидше знижується.

3.5 Дослідження живучості мережі за показником кількості зв'язаних пар

Дане дослідження виконувалося з метою визначити кількість зв'язаних пар вузлів після видалення з мережі довільної кількості гілок.

Дослідження складалося з декількох експериментів, в кожному з яких моделювалась і досліджувалась мережа із заданою кількістю вузлів і початковою кількістю гілок (ребер). В кожній ітерації циклу з мережі витягувалася одна гілка і обчислювалася кількість зв'язаних пар. За результатами будувався графік.

Проведення такого дослідження за допомогою розробленої системи ОЖМЗ вимагало великого обсягу ручної роботи, оскільки не було автоматизовано цикл видалення гілки (ребра) з мережі і подальший її аналіз. Тому було вирішено застосувати альтернативний підхід – розробити програму на мові Python з використанням додаткових бібліотек, які виконували спеціальні функції:

- *NetworkX* – створення, маніпулювання та вивчення мережевих структур;
- *random* – генерація випадкових чисел та виконання різних операцій, пов'язаних із випадковістю;
- *itertools* – робота з ітераторами;
- *matplotlib.pyplot* – створення візуалізацій: графіків та діаграм.

Розберемо розроблену програму на Python.

Спочатку імпортуємо бібліотеки і задаємо початкові параметри мережі:

```
import networkx as nx
import random
import itertools
import matplotlib.pyplot as plt
```

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
# Кількість вершин і ребер
num_nodes = 10
num_edges = 15
```

Оскільки є вимога, що початковий граф має бути зв'язним, створюємо спочатку зв'язне дерево з $N - 1$ ребрами ($N = num_nodes$):

```
# Створюємо порожній граф
G = nx.Graph()

# Додаємо вершини
G.add_nodes_from(range(num_nodes))

# Створюємо зв'язне дерево з 9 ребрами (N-1)
tree_edges = list(nx.generators.trees.random_tree(num_nodes).edges())
G.add_edges_from(tree_edges)
```

Далі додаємо ребра так, щоб загальна кількість їх була $L = num_edges$:

```
# Додаємо випадкові ребра, щоб загальна кількість була 12
additional_edges_needed = num_edges - len(tree_edges)

# Функція для генерації випадкових ребер, які не створюють кратних ребер
def generate_additional_edges(graph, num_additional_edges):
    nodes = list(graph.nodes())
    additional_edges = set()
    while len(additional_edges) < num_additional_edges:
        u = random.choice(nodes)
        v = random.choice(nodes)
        if u != v and not graph.has_edge(u, v):
            additional_edges.add((u, v))
    return list(additional_edges)

# Генеруємо додаткові ребра
additional_edges = generate_additional_edges(G, additional_edges_needed)

# Додаємо додаткові ребра до графа
G.add_edges_from(additional_edges)

# Перевіряємо, чи граф зв'язний
assert nx.is_connected(G), "Граф не є зв'язним!"
```

Підраховуємо кількість зв'язаних пар вузлів в оригінальному графі:

```
# Підраховуємо початкову кількість зв'язаних пар в оригінальному графі
original_connected_pairs = count_connected_pairs(G)
print(f"Кількість зв'язаних пар в оригінальному графі: {original_connected_pairs}")
```

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі починаємо видаляти з графу по 1 ребру і підраховуємо, скільки пар вузлів там залишилися зв'язними:

```
# Підраховуємо кількість зв'язаних пар після видалення від 0 до num_edges
ребер
for n in range(num_edges + 1):
    total_connected_pairs = 0
    edge_combinations = list(itertools.combinations(G.edges(), n))

    for edges in edge_combinations:
        G_copy = G.copy()
        G_copy.remove_edges_from(edges)
        connected_pairs = count_connected_pairs(G_copy)

    connected_pairs_list.append(connected_pairs)
    print(f"Середня кількість зв'язаних пар після видалення {n} ребер: {
connected_pairs}")
```

Нарешті, будемо графік залежності кількості зв'язаних пар від кількості видалених ребер, а також візуалізуємо початковий граф:

```
# Побудова графіка
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(range(num_edges + 1), connected_pairs_list, marker='o')
plt.xlabel('Кількість видалених ребер')
plt.ylabel('Середня кількість зв\'язаних пар')
plt.title('Залежність кількості зв\'язаних пар від кількості видалених
ребер')
plt.grid(True)
plt.show()

# Візуалізація графа
plt.figure(figsize=(8, 6))
nx.draw(G, with_labels=True, node_color='skyblue', node_size=500,
edge_color='gray')
plt.title('Connected Graph with 10 Nodes')
print(f"Connected Graph with Nodes/Edges: {num_nodes}{num_edges}")
plt.show()
```

Програма виконувалася в середовищі Google Colab на обчислювальних потужностях хмарних серверів Google.

В якості базової мережі в першому експерименті було взято мережу з $N = 10$ вузлами та $L = 14$ гілками (рис. 3.4).

Результати експерименту наведені в таблиці 3.2 та на рис. 3.5.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

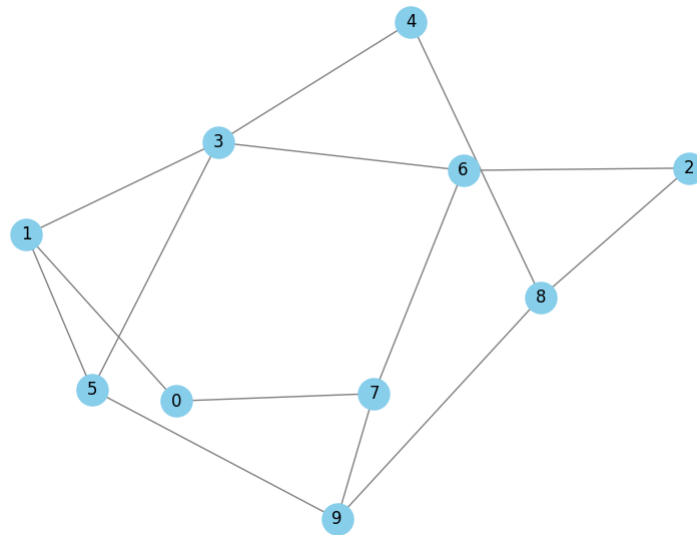


Рис. 3.4 – Структура досліджуваної мережі з $N = 10$ вузлами та $L = 14$ гілками

Таблиця 3.2

Результати імітаційного експерименту на мережі
з параметрами $N = 10$ вузлів, $L = 14$ ребер

L_B	L_3	$K_{зв}$	$\% K_{зв}$
0	14	45	100%
1	13	45	100%
2	12	45	100%
3	11	45	100%
4	10	36	80%
5	9	36	80%
6	8	36	80%
7	7	18	40%
8	6	13	29%
9	5	11	24%
10	4	10	22%
11	3	6	13%
12	2	3	7%
13	1	1	2%
14	0	0	0%

Позначення в таблиці 3.2:

- L_B – кількість видалених ребер;
- L_3 – кількість ребер, що залишились;
- $K_{зв}$ – кількість зв'язаних пар, що залишились;

– $\%K_{зв}$ – відсоток кількості зв'язаних пар, що залишились, відносно кількості пар у початковій мережі.

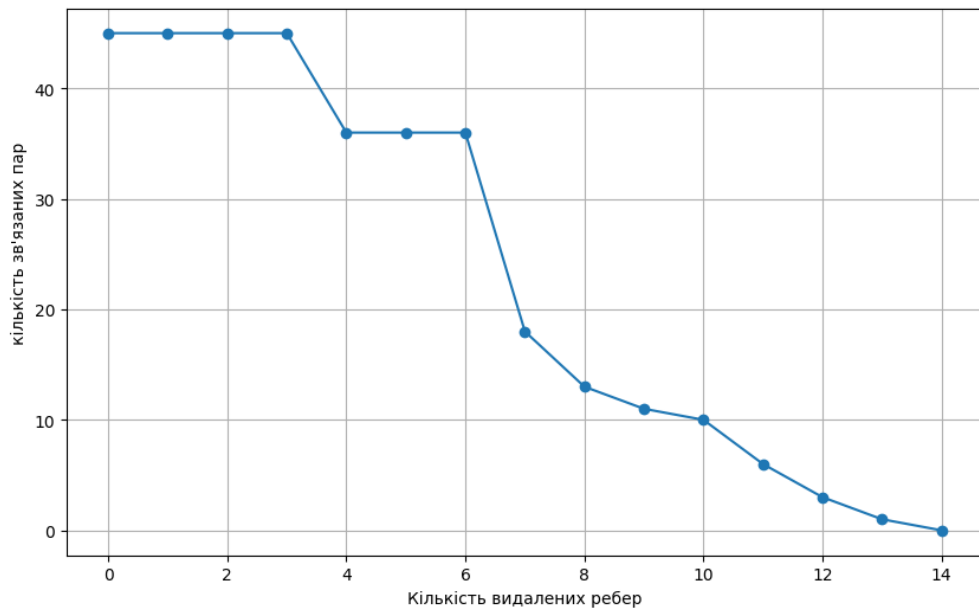


Рис. 3.5 – Графік кількості зв'язаних пар вузлів, що залишались у мережі з $N = 10$ вузлами після послідовного видалення ребер

В другому експерименті була проаналізована мережа з $N = 15$ вузлами та $L = 20$ гілками (рис. 3.6).

Результати експерименту наведені в таблиці 3.3 та на рис. 3.7.

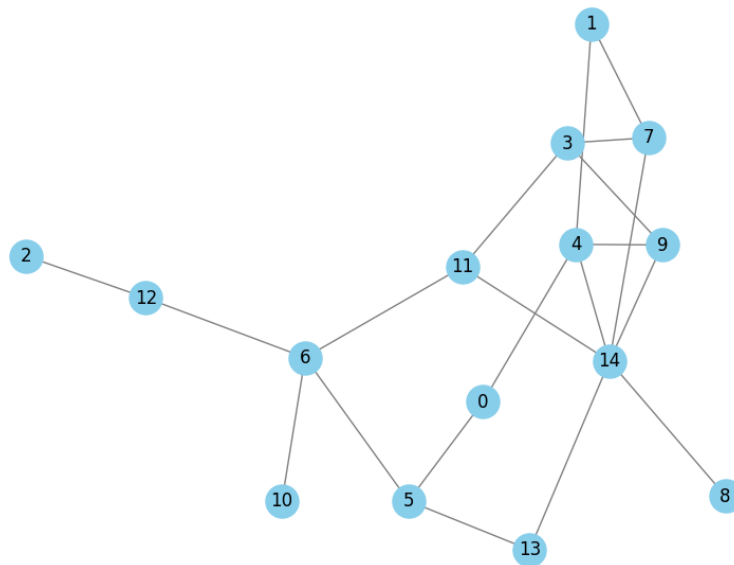


Рис. 3.6 – Структура досліджуваної мережі з $N = 15$ вузлами та $L = 20$ гілками

Результати імітаційного експерименту на мережі
з параметрами $N = 15$ вузлів, $L = 20$ ребер

L_B	L_3	K_{3B}	% K_{3B}
0	20	105	100%
1	19	105	100%
2	18	105	100%
3	17	105	100%
4	16	91	87%
5	15	91	87%
6	14	91	87%
7	13	67	64%
8	12	56	53%
9	11	46	44%
10	10	37	35%
11	9	29	28%
12	8	29	28%
13	7	22	21%
14	6	12	11%
15	5	11	10%
16	4	10	10%
17	3	6	6%
18	2	3	3%
19	1	1	1%
20	0	0	0%

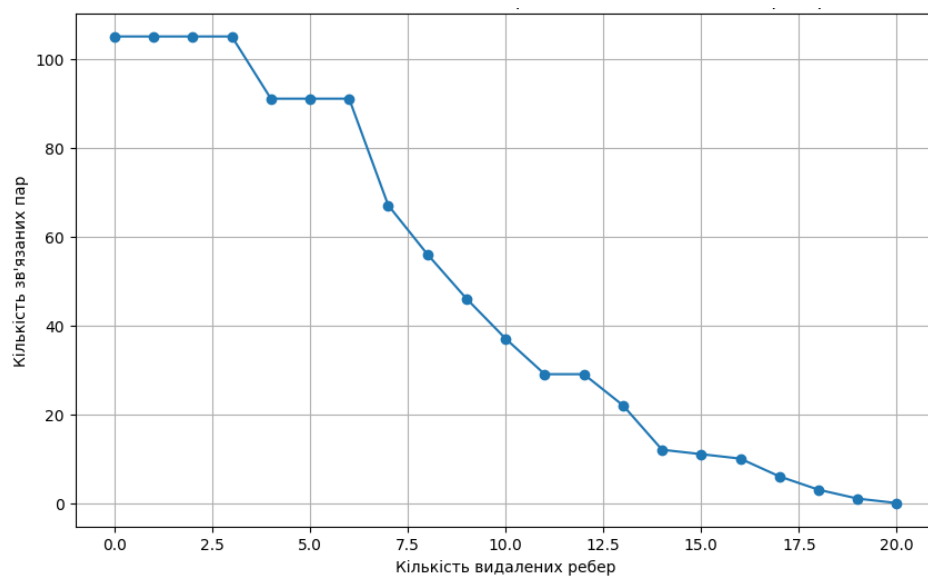


Рис. 3.7 – Графік кількості зв'язаних пар вузлів, що залишилися у мережі після з $N = 15$ вузлами послідовного видалення ребер

Як можна бачити з результатів дослідження, кількість зв'язаних пар спочатку зменшується нерівномірно, тобто мережа при видаленні ребер є живучою і тримає зв'язність. Різке зменшення зв'язності спостерігається при видаленні половини ребер (7), після чого подальше видалення ребер призводить до суттєвої фрагментації мережі і поступового вже зменшення кількості зв'язаних пар.

Висновки до третього розділу

В результаті виконання третього етапу кваліфікаційної роботи було отримано такі результати:

Вибрано засоби реалізації системи підтримки дослідження структурної живучості мережі.

Реалізовано користувацький інтерфейс, алгоритми у вигляді програм.

На основі моделей і методів оцінки структурної живучості мереж зв'язку було виконано дослідження структурної живучості за двома показниками: кількістю шляхів і кількістю зв'язаних пар вузлів.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Організаційно-економічне та маркетингове обґрунтування проекту

4.1.1 Порівняльний аналіз пропонованого проекту

У даній кваліфікаційній роботі розроблено систему дослідження живучості мереж зв'язку, включаючи методичну і програмну складові. Для розробки методів і програмних алгоритмів було проаналізовано математичні моделі дослідження живучості мереж і відповідні показники.

Мета проекту: запропонувати методику розрахунку показників живучості мереж різної конфігурації з урахуванням особливостей їх побудови декількома різними методами.

Для вирішення задачі забезпечення і підвищення структурної живучості телекомунікаційних мереж в даному дослідженні використовуються низка методів, а саме:

- структурне резервування;
- функціональне резервування;
- розподіл функцій по компонентах системи;
- моніторинг і виявлення несправностей;
- механізм транзакцій;
- контроль передачі даних;
- надмірне кодування даних.

Переваги і недоліки цих методів описані в таблиці 4.1.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методи забезпечення і підвищення структурної живучості мереж зв'язку

Назва методу	Переваги	Недоліки
Структурне резервування	<p>1) спрощене обслуговування (порівняно з ремонтом) без переривання роботи системи;</p> <p>2) легке керування запасними елементами.</p>	<p>1) збільшення вартості на вартість додаткових структурних елементів;</p> <p>2) підвищення вимог до технічного обслуговування;</p> <p>3) зниження ефективності використання ресурсів (надлишкові елементи більшість часу не використовуються).</p>
Функціональне резервування	<p>1) більш ефективне використання ресурсів системи (порівняно зі структурним резервуванням);</p> <p>2) покращена інтеграція компонентів системи, які забезпечують резервування.</p>	<p>1) збільшення складності системи, що тягне за собою складність у використанні і управлінні системою;</p> <p>2) необхідність у синхронізації та узгодженості між функціонально надлишковими компонентами системи.</p>
Розподіл функцій по компонентах системи	<p>1) стійкість до відмов і зміни навантаження;</p> <p>2) легкість масштабування системи;</p> <p>3) висока продуктивність за рахунок розподілу завдань і паралельної обробки;</p> <p>4) гнучкість та мобільність</p> <p>5) легкість оновлень та модернізації.</p>	<p>1) складність управління;</p> <p>2) проблеми узгодження та синхронізації даних та операцій;</p> <p>3) збільшений ризик в галузі безпеки;</p> <p>4) складність налагодження і тестування.</p>

Назва методу	Переваги	Недоліки
Моніторинг і виявлення несправностей	1) своєчасне виявлення проблем та відмов; 2) зібрана в ході моніторингу інформація може допомогти оптимізувати систему (продуктивність, безпеку тощо); 3) зниження часу простою.	1) складність впровадження і налаштування системи моніторингу; 2) додаткова ресурсовитратність на моніторинг; 3) нездатність протидіяти наслідкам відмов; 4) необхідність постійного оновлення і налаштування; 5) складність у обробці великих обсягів даних; 6) залежність від людського фактора (оперативності реакції персоналу на попередження та звіти від системи).
Механізм транзакцій, контроль передачі даних, надмірне кодування даних	1) підвищення стійкості і цілісності даних; 2) стабільність роботи навіть при виникненні локальних збоїв (автоматичне усунення локальних помилок); 3) відсутність необхідності в наявності резервних елементів або ускладненні функціональності системи для користувача.	1) збільшення навантаження на систему (вимагає додаткових ресурсів); 2) певне зниження реакції системи (час на обробку цілісності транзакцій, контроль вірності даних); 4) складність розробки і тестування системи; 5) застосовність лише для систем, що працюють з даними (або на рівні даних); 6) обмежена масштабованість.

Також одним з важливих аспектів забезпечення і підвищення живучості телекомунікаційних мереж є використання надійного мережевого обладнання. Запорукою цього є правильний вибір компанії-розробника обладнання. В таблиці 4.6 перераховані відомі компанії – розробники телекомунікаційного обладнання і вказані характерні для них переваги і недоліки.

Таблиця 4.2

Характеристика компаній-виробників телекомунікаційного обладнання

Назва компанії	Переваги використання продукції компанії	Недоліки використання продукції компанії
Cisco Systems (США)	1) широкий асортимент продукції; 2) інноваційні технології; 3) світова підтримка.	1) висока вартість; 2) складність налаштування та управління; 3) залежність від програмного забезпечення Cisco.
Huawei (Китай)	1) конкурентна ціна; 2) висока продуктивність і надійність; 3) наявність комплексних інфраструктурних рішень.	1) міжнародні санкції обмежують доступ до обладнання та послуг компанії; 2) політичні ризики знижують рівень довіри до компанії; 3) обмежена сумісність та стандартизація.
ZTE (Китай)	1) низька ціна; 2) надійність і безпека; 3) інновації.	1) обмежені можливості для апгрейду та розширення; 2) окремі проблеми з якістю; 3) політичні ризики.

Назва компанії	Переваги використання продукції компанії	Недоліки використання продукції компанії
Juniper Networks (США)	1) стандартизація, використання відкритих стандартів; 2) екосистема обладнання на основі власної операційної системи; 3) висока безпека даних.	1) залежність від хмарної інфраструктури Juniper Networks; 2) обмежена підтримка від сторонніх компаній-розробників програмного забезпечення і обладнання
Arista Networks (США)	1) висока продуктивність; 2) простота управління і адміністрування; 3) висока якість.	1) досить висока ціна; 2) нова компанія (репутаційні ризики); 3) обмежена підтримка від сторонніх компаній-розробників програмного забезпечення
Dell (США)	1) сертифікація для використання в різних галузях (державні установи, фінансові установи, медичні заклади тощо); 2) розвинена підтримка; 3) екологічність.	1) обмежений спектр продуктів і рішень в секторі телекомунікаційного обладнання; 2) залежність від сторонніх рішень.
HPЕ (США)	1) передові технології; 2) широкий спектр функцій; 3) масштабованість; 4) безпека.	1) висока ціна; 2) складність налаштування і управління; 3) залежність від програмного забезпечення HPЕ.
ІВМ (США)	1) інтеграція з хмарною інфраструктурою ІВМ; 2) функції штучного інтелекту (AI) і машинного навчання (ML); 3) доступні засоби аналізу великих даних.	1) дороговизна; 2) складність в управлінні і налаштуванні; 3) залежність деяких функцій від хмарної інфраструктури ІВМ.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.1.2 Основні положення і склад робіт

Класифікаційна оцінка різновиду проекту наведена у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Класифікаційна оцінка проекту

Клас	Монопроект
Тип	Технічний
Вид	Дослідницький
Тривалість	Короткостроковий
Ступінь складності	Проект середньої складності
Рівень	Корпоративний

Склад робіт по проекту і їхня тривалість наведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Склад робіт і їхня тривалість

№ коду роботи	Найменування роботи	T (дні)	№ коду попередньої роботи
0-1	Збір інформації по предметній області	7	-
1-2	Детальне дослідження предметної області	6	0-1
1-3	Планування строків виконання необхідних робіт	8	0-1
2-4	Організація виконання робіт	1	1-2
4-5	Проектування структури програми	10	2-4
5-6	Розробка алгоритму програми	21	4-5
6-7	Розробка інтерфейсу	6	5-6
7-8	Розробка пояснювальної записки	25	6-7
8-9	Перевірка цілісності програми	7	7-8
9-10	Проведення системи випробувань	5	8-9
3-10	Контроль за виконанням робіт	20	1-3
10-11	Підготовка документів і задача проекту замовникові	7	3-10, 9-10

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Побудуємо мережевий графік на основі переліку робіт, наведених у таблиці 4.1 (рисунок 4.1).

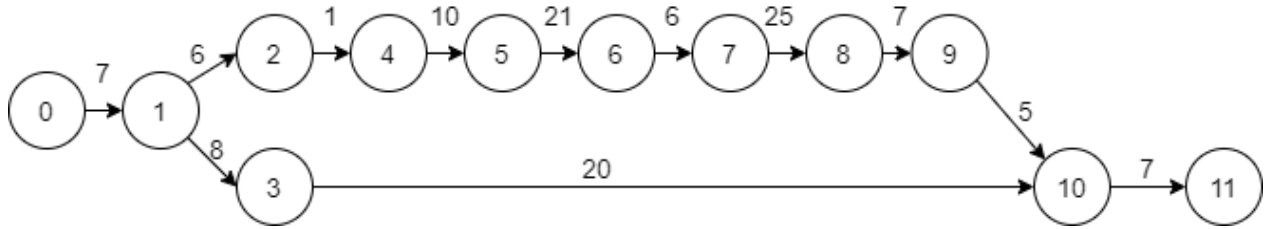


Рис. 4.1 – Мережевий графік

Визначимо критичний шлях як шлях, на якому роботи мають нульовий резерв:

$$T_{кр} = 0-1, 1-2, 2-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9, 9-10, 10-11,$$

$$L_{кр} = 7 + 6 + 1 + 10 + 21 + 6 + 25 + 7 + 5 + 7 = 95 \text{ днів.}$$

На основі сформованої мережевої моделі, що включає визначення складу і послідовності робіт, і знаючи їх тривалість, можна зробити розрахунки параметрів мережевого графіка, які представлені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Параметри робіт сітьового графіку

Подія i	Подія j	Ранній термін здійсн. події i $Tr[i]$	Тривалість роб. $T[i,j]$	Ранній термін здійсн. події j $Tr[j]$	Пізній період здійсн. події i $Tp[i]$	Пізній період здійсн. події j $Tp[j]$	Резерв $R[j]$
0	1	0	7	7	0	7	0
1	2	7	6	13	7	15	2
1	3	7	8	15	7	15	0
2	4	13	1	14	13	14	0
4	5	14	10	24	14	27	3
5	6	24	21	45	24	60	15
6	7	45	6	51	45	53	2

Подія <i>i</i>	Подія <i>j</i>	Ранній термін здійсн. події <i>i</i> <i>Tr[i]</i>	Трива- лість роб. <i>T[i,j]</i>	Ранній термін здійсн. події <i>j</i> <i>Tr[j]</i>	Пізній період здійсн. події <i>i</i> <i>Tp[i]</i>	Пізній період здійсн. події <i>j</i> <i>Tp[j]</i>	Резерв <i>R[j]</i>
7	8	51	25	76	51	81	5
8	9	76	7	83	76	83	0
9	10	83	5	88	83	93	5
3	10	15	20	35	15	40	5
10	11	88	7	95	88	97	2

4.2 Аналіз науково-технічної ефективності проекту

4.2.1 Методика розрахунку науково-технічної ефективності проекту

Ефективність це здатність приносити ефект, результативність процесу, проекту, які визначаються як відношення ефекту, результату до витрат, що забезпечили результат.

Основні категорії ефективності науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт (НДДКР) є економічний, науково-технічний, соціальний, маркетинговий та екологічний ефект.

Економічний ефект розробки та впровадження проекту оцінюється системою вартісних показників і проявляється у підвищенні економічної ефективності роботи підприємства, раціональному використанні ресурсів, збільшенні прибутку від реалізації продукції, покращенні використання виробничих потужностей, впровадженні корисних винаходів.

Науково-технічний ефект полягає у прирості практично орієнтовних науково-технічних знань і умінь. На етапах практичного використання науково-технічний ефект:

- підвищення науково-технічного рівня виробництва;

- підвищення організаційного рівня виробництва;
- кількість зареєстрованих охоронних документів;
- збільшення частки використання нових інформаційних технологій;
- збільшення частки нових технологічних процесів;
- зростання кількості і статусу науково-технічних публікацій;
- підвищення конкурентоспроможності підприємства та його продукції.

Соціальний ефект сприяє розвитку суспільства та задовольняє його потреби, проявляється у досягненні якісно нового рівня життя населення, підвищенні рівня освіти та створенні нових нематеріальних цінностей й оцінюється в основному якісними показниками. Крім позитивних впливів також треба враховувати потенційні негативні впливи тривалого використання техніки під час комп'ютерного дослідження.

Екологічний ефект – впливання інновацій на розв'язання проблем охорони довкілля, що особливо важливо у реалізації інноваційних проектів, які можуть змінювати рівень екологічної безпеки території.

Маркетинговий ефект відображає потреби ринку в наукових дослідженнях, реалізації маркетингової стратегії, сукупності заходів, що проводяться, виражений через збільшення показників задоволеності споживачів, поліпшення бізнес-показників компанії.

«Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначаємо на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника ($O_{НТЕ}$), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці)» [1]:

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ}, \quad (4.1)$$

де $K^{\Phi}_{НТЕ}$ – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{НТЕ}^П$ – показник (коефіцієнт) потенційно можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника $K_{НТЕ}^Ф$ визначаємо на основі шкали експертних оцінок (табл. 4.6) [1].

Таблиця 4.6

Шкала експертних оцінок для виміру рівня науково-технічної ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,30
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,25
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	
3	Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,25
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

(Таблиця узята з [1])

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

«Об’єкт оцінки і аналоги, які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються». [1]

4.2.2 Проведення оцінки науково-технічного рівня розробки

Визначаємо $K_{НТЕ}^{\Phi}$ на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

«З цією метою:

- розробляємо перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формуємо групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюємо відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по таблиці 4.2.

До числа специфічних показників відносять:

- для нової техніки: продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- для нових матеріалів і речовин: вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці нового матеріалу, додаткові витрати на екологічну компенсацію;
- для нових технологій: якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.» [1]

На основі співставлення даних таблиці 4.7 встановлюємо бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховуємо значення інтегрального показника НТЕ [1]:

$$НТЕ = \sum B_i \cdot K_i^3, \quad (4.2)$$

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $i = 1 \div 4$,

B_i – бали (рейтингове число),

K – коефіцієнт значущості показників.

Таблиця 4.7

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології	
	Розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новизни	Високий	Середній
Якість продукції	Висока	Середня
Споживання на 1 версію продукту		
– тепла, Гкал	5	8
– електроенергії, кВт·годину	900	1200
– води, м ³	3	6
Трудомісткість виробництва, людино-годин	70	60

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	8	7	8	7,7	2,7 (7,7 · 0,35)
2	Перспективність	7	6	8	7	2,45 (7 · 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	7	8	7	7,3	1,46 (7,3 x 0,20)
4	Ступінь вирогідності досягнення позитивних результатів	9	8	9	8,66	0,87 (8,66 · 0,1)
Всього						7,48

$$HTE = 7,7 \cdot 0,35 + 7 \cdot 0,35 + 7,3 \cdot 0,20 + 8,66 \cdot 0,1 = 2,7 + 2,45 + 1,46 + 0,87 = 7,48.$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,20 + 10 \cdot 0,1$).

Отже, оцінка рівня *HTE* може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки *HTE* (K_{HTE}) [1]:

$$K_{HTE} = \frac{HTE}{10} \cdot 100 \% . \quad (4.3)$$

На основі даних таблиці 4.3, можна дійти до висновку, що K_{HTE} відповідає 74,8 %, тобто:

$$\frac{7,48}{10} \cdot 100 = 74,8 \% .$$

В тому випадку, коли значення K_{HTE} перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Рівень НТЕ технології визначаємо достатнім. Отже, розроблений ПП пропонується випускати на ринок.

4.2.3 Порівняння методів вирішення задачі

4.3 Розрахунок економічних показників проекту

4.3.1 Визначення складності розробки програмного продукту

Тривалість розробки програмного продукту (ПП) залежить від кількості його компонентів, складності його розробки, кваліфікації персоналу, а також від запланованих термінів, продиктованих ринковими умовами.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідними даними для визначення складності розробки ПП є кількість програмного забезпечення в тисячах умовних машинних команд аналогової програми. Вибравши аналог програмного продукту, що містить V_0 умовних машинних команд. У даному проекті розробляється новий програмний продукт, який відповідає аналогу ПП оптимізаційних розрахунків с $V_0 = 5500$ умовних машинних команд із трудомісткістю $T_p = 312$ чол/год.

Трудомісткість розробки ПП повинна включати розробку наступних етапів:

- технічного завдання – ТЗ;
- технічного проекту – ТП;
- робочого проекту – РП;
- впровадження – ВП.

Трудомісткість розроблювального ПП визначається на кожному етапу окремо на підставі трудомісткості аналога, з урахуванням складності розробки, ступеня новизни та ступеня використання в розробці стандартних модулів на підставі формул 4.4 – 4.7:

$$T_{ТЗ} = T_p \cdot L_1 \cdot K_H \quad (4.4)$$

$$T_{ТП} = T_p \cdot L_2 \cdot K_H \quad (4.5)$$

$$T_{РП} = T_p \cdot L_3 \cdot K_H \cdot K_T \quad (4.6)$$

$$T_{ВП} = T_p \cdot L_4 \cdot K_H \quad (4.7)$$

де T_p – укрупнена норма часу на розробку аналога ПП, чол/год, що коректується поправочним коефіцієнтом, що враховує умови розробки ПП, тобто в умовах комп'ютера, $K_H = 0,8$. У даному проекті $T_p = 312 \cdot 0,8 = 250$ чол/год;

L_j – питома вага i -го етапу розробки. У даному проекті залежно від ступеня новизни проекту (B): $L_1 = 0,12$; $L_2 = 0,15$; $L_3 = 0,5$; $L_4 = 0,12$;

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_H – поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь новизни, у даній роботі $K_H = 1,2$;

K_T – поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь використання в розробці типових програм, $K_T = 0,6$.

При розрахунках прийняті наступні об'єми розробленої документації по етапах проекту:

- $N_{ТЗ} = 6$ – кількість сторінок технічного завдання;
- $N_{ТП} = 9$ – кількість сторінок технічного проекту;
- $N_{РП} = 27$ – кількість сторінок робочого проекту;
- $N_{інстр} = 5$ – кількість сторінок інструкції по налагодженню та впровадженню;
- $N_{пр} = 62$ – кількість сторінок пояснювальної записки.

4.3.2 Розрахунок трудомісткості розробки програмного продукту

Технічне завдання:

$$T_{ТЗ} = T_p \cdot L_1 \cdot K_H = 250 \cdot 0,12 \cdot 1,2 = 36;$$

$$T_{КК} = 0,7 \cdot N_{ТЗ} = 0,7 \cdot 6 = 4,2;$$

$$T_{НК} = 0,15 \cdot N_{ТЗ} = 0,15 \cdot 6 = 0,9.$$

Розробка технічного проекту (алгоритму й блок-схеми).

$$T_{ТЗ} = T_p \cdot L_2 \cdot K_H = 250 \cdot 0,15 \cdot 1,2 = 45;$$

$$T_{КК} = 0,7 \cdot N_{ТП} = 0,7 \cdot 9 = 6,3;$$

$$T_{НК} = 0,15 \cdot N_{ТП} = 0,15 \cdot 9 = 1,35.$$

Розробка робочого процесу:

$$T_{ТЗ} = T_p \cdot L_3 \cdot K_H \cdot K_T = 250 \cdot 0,5 \cdot 1,2 \cdot 0,6 = 90;$$

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{КК}} = 0,7 \cdot N_{\text{ПП}} = 0,7 \cdot 9 = 6,3;$$

$$T_{\text{НК}} = 0,15 \cdot N_{\text{ПП}} = 0,15 \cdot 9 = 1,35.$$

Налагодження і впровадження:

$$T_{\text{ТЗ}} = T_{\text{р}} \cdot L_4 \cdot K_{\text{н}} = 250 \cdot 0,12 \cdot 1,2 = 36;$$

$$T_{\text{КК}} = 0,7 \cdot N_{\text{інст}} = 0,7 \cdot 5 = 3,5;$$

$$T_{\text{НК}} = 0,15 \cdot N_{\text{інст}} = 0,15 \cdot 5 = 1,5.$$

Пояснювальна записка:

$$T_{\text{ТЗ}} = 1,5 \cdot N_{\text{ПЗ}} = 1,5 \cdot 62 = 93;$$

$$T_{\text{КК}} = 0,7 \cdot N_{\text{ПЗ}} = 0,7 \cdot 62 = 43,4;$$

$$T_{\text{НК}} = 0,15 \cdot N_{\text{ПЗ}} = 0,15 \cdot 62 = 9,3.$$

Всього:

$$T_{\text{р}} = 36 + 45 + 90 + 36 + 93 = 300;$$

$$T_{\text{КК}} = 4,2 + 6,3 + 6,3 + 3,5 + 43,4 = 63,7;$$

$$T_{\text{НК}} = 0,9 + 1,35 + 1,35 + 0,75 + 9,3 = 13,65;$$

$$T_{\text{общ}} = 300 + 63,7 + 13,65 = 377,35.$$

Тривалість розробки ПП у днях визначається за формулою 4.8:

$$T_{\text{ПП}} = \sum T_{ij} / (8,0 \cdot 0,73) \text{ (днів)}, \quad (4.8)$$

де $\sum T_{ij}$ – сумарна тривалість розробки, год;

8 – тривалість робочого дня (коефіцієнт переведення в робочі дні), год;

0,73 – коефіцієнт переведення в календарні дні;

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_{ij} – трудомісткість j -го виду робіт по i -му етапу.

$$T_{\text{ПП}} = 377,35 / (8 \cdot 0,73) = 64,61 \text{ днів.}$$

Порівнюючи отримані результати з розрахунками тривалості розробки ПП за допомогою мережевої моделі, вибираємо для подальших розрахунків останнє значення, так як воно, на наш погляд, ближче до фактичної тривалості розробки ПП.

4.3.3 Визначення вартості програмного продукту

Ціна визначається за формулою:

$$Ц = K \cdot B_{\text{ндр}} + П_p, \quad (4.9)$$

де $B_{\text{ндр}}$ – витрати на розробку програмної продукції (кошторисна собівартість);

$$K = 1,1;$$

$П_p$ – нормативний прибуток, розраховується за формулою:

$$П_p = C_m \cdot P_n / 100, \quad (4.10)$$

де P_n – норматив рентабельності, %; $P_n = 25$ %;

C_m – матеріальні витрати.

$B_{\text{ндр}}$ визначаються на підставі складання кошторису витрат на проведення НДР у таблиці 4.9.

При визначенні витрат на матеріали враховують: вартість сировини та матеріалів для проведення досліджень з урахуванням додаткових накладних витрат (витрат на транспорт, комісійних зборів тощо), вартість канцелярських матеріалів (паперів тощо), вартість ліцензій інтернет-сервісів (табл. 4.9).

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на матеріали

Найменування матеріалів	Ціна, грн/од	Кількість	Сума, грн.
Папір	330	2	660
Ручки	22,4	2	44,8
Інформаційні носії	550	1	550
Чемодан фасилітатора	14495	1	14495
Разом			15749,8

Витрати по заробітній платі визначаються як сума заробітної плати усіх учасників НДР. Орієнтовний склад учасників, ступінь їх участі у НДР та заробітна плата наведені у таблиці 4.10.

Таблиця 4.10

Орієнтовний склад учасників НДР, їх заробітна плата та ступінь участі

Учасник НДР	Місячна заробітна плата, грн	Тривалість роботи, днів	Ступінь участі, %
Студент – дослідник	7000	150	100
Науковий керівник роботи	12000	44	25

Основна заробітна плата виконавця з урахуванням окладу і часу:

$$B_{зп} = \frac{\sum Z_i \cdot K_0 \cdot \tau_i}{D_p} = \frac{(7000 \cdot 150) + (12000 \cdot 0,25 \cdot 44)}{22} = 52344,64 \text{ грн,}$$

де Z_i – середньомісячний оклад;

D_p – середня кількість робочих днів ($D_p = 22$);

τ_i – тривалість робіт ($\tau_i = 150$);

K_0 – коефіцієнт обліку окладу керівників і консультантів проекту ($K_0 = 0,1$).

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{зд} = 52344,64 \cdot 0,1 = 5234,5 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок беруть у розмірі 22 % від величини заробітної плати $C_{cc} = 0,22 \cdot C_{зд}$.

$$\text{Додаткова заробітна плата } C_{зд} = C_{зо} \cdot K_d,$$

де K_d – коефіцієнт відрахувань на заробітну плату, $K_d = 0,1$.

$$C_{cc} = 0,22 \cdot (52344,64 + 5234,5) = 12667,4 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування C_a беруть від вартості основних виробничих фондів за встановленими нормативами до кожної групи фондів, які використовують при проведенні НДР (основного та додаткового обладнання, комп'ютерної техніки, інших фондів, крім приміщення). Амортизаційні відрахування необхідно розраховувати, виходячи з терміну їх використання.

Таблиця 4.11

Розрахунок сум амортизаційних відрахувань за відповідний рік

Група	Елементи основних засобів	Первісна вартість, грн	На, %	Вартість, грн.
1	Комп'ютерна техніка	20000	25	5000
Всього				5000

Річна вартість споживаної електроенергії $C_{ел}$ визначається по формулі:

$$C_{ел} = M_y \cdot T_{ко} \cdot C_e \cdot K_i,$$

де M_y – установлена сумарна потужність комп'ютерного устаткування, кВт;

$T_{ко}$ – річний фонд роботи ЕОМ з урахуванням часу на профілактичні огляди;

C_e – вартість 1 кВт-години електричної енергії;

K_i – коефіцієнт інтенсивного використання потужності (рекомендоване значення $K_i = 0,9$).

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{ел}} = 0,6 \cdot 1224 \cdot 3,45 \cdot 0,9 = 2280,31 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на електроенергію складуть 2280,31 грн.

Таблиця 4.12

Кошторис витрат на проведення прикладних НДР

Найменування статей витрат	Сума витрат, грн
1. Матеріали	15749,8
2. Заробітна плата (основна і додаткова)	52344,64
3. Єдиний соціальний внесок	12667,4
4. Амортизаційні відрахування	5000
5. Витрати на електроенергію	2280,31
6. Виробнича собівартість	88042,15
7. Адміністративні витрати 3,5% від виробничої собівартості	3081,5
8. Витрати на збут – 1% від виробничої собівартості	880,4
Всього повна собівартість	92004,05

Нормативний прибуток:

$$P_p = (92004,05 - 15749,8) \cdot 0,25 = 19063,5 \text{ грн.}$$

Ціна програмного продукту складе:

$$C = 1,1 \cdot 92004,05 + 19063,5 = 120267,95 \text{ грн.}$$

4.3.4 Визначення капітальних витрат

Розрахунок капітальних витрат, пов'язаних з впровадженням (вдосконаленням) ПП здійснюється за формулою:

$$K = K_{\Pi} + K_{\text{ко}} + K_{\text{во}} + K_{\text{с}}, \quad (4.11)$$

де K_{Π} – довиробничі витрати; $K_{\Pi} = \Pi = 120267,95$ грн;
 $K_{\text{ко}}$ – вартість комп’ютерного устаткування: $K_{\text{ко}} = 5000$ грн;
 $K_{\text{во}}$ – вартість допоміжного устаткування: $K_{\text{во}} = 250$ грн;
 $K_{\text{с}}$ – вартість будівництва у зв’язку з впровадженням: $K_{\text{с}} = 0$.

$$K = 120267,95 + 5000 + 250 + 0 = 125517,95 \text{ грн.}$$

Розрахунок поточних (експлуатаційних) витрат:

$$C = C_{\text{опл}} + C_{\text{а}} + C_{\text{ел}} + C_{\text{п}} + C_{\text{р}} + C_{\text{всп}}, \quad (4.12)$$

де $C_{\text{опл}}$ – річний фонд основної і додаткової оплати праці персоналу;
 $C_{\text{а}}$ – сума річних амортизаційних відрахувань від вартості основного і допоміжного устаткування;
 $C_{\text{ел}}$ – вартість витрат на енергію за рік;
 $C_{\text{р}}$ – вартість річного ремонту: $6\% K_{\text{ко}} = 300$ грн;
 $C_{\text{всп}}$ – річна вартість допоміжних матеріалів, пов’язаних з експлуатацією ПП: $2\% K_{\text{ко}} = 100$ грн;
 $C_{\text{п}}$ – вартість утримання приміщень; $C_{\text{п}} = 2500$ грн.

Програмне забезпечення буде корисне для компаній та звичайних користувачів, що шукають інструмент оцінювання живучості мереж довільної структури і управління нею.

Річний фонд заробітної плати. До впровадження програмного продукту дана задача вирішувалася двома співробітниками з окладом по 12000 грн/міс:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{доп}} = (12000 \cdot 2) \cdot 12 = 288000 \text{ грн.}$$

Після впровадження програмного продукту чисельність фахівців скоротилася до одного фахівця – оператора комп’ютерного набору із зарплатою у 8000 грн.:

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{осн}}^{\text{доп}} = 8000 \cdot 12 = 96\,000 \text{ грн.}$$

Фонд додаткової заробітної плати:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}},$$

де $K_{\text{доп}}$ – коефіцієнт додаткової заробітної плати: визначається в розмірі $K_{\text{доп}} = 0,1$.

$$З_{\text{осн}}^{\text{до}} = 288\,000 \cdot 0,1 = 28\,800 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{осн}}^{\text{після}} = 96\,000 \cdot 0,1 = 9\,600 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок 22 %:

$$З_{\text{св}}^{\text{до}} = (288\,000 + 28\,800) \cdot 0,22 = 69\,696 \text{ грн.}$$

$$З_{\text{св}}^{\text{після}} = (96\,000 + 9\,600) \cdot 0,22 = 23\,232 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на оплату праці:

$$C_{\text{опл}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{св}}, \quad (4.13)$$

Разом:

$$C_{\text{опл}}^{\text{до}} = 288\,000 + 28\,800 + 69\,696 = 386\,496 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{опл}}^{\text{після}} = 96\,000 + 9\,600 + 23\,232 = 128\,832 \text{ грн.}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань визначається за формулою:

$$C_a = K_{\text{кко}} \cdot H_a / 100$$

де H_a – норма амортизаційних відрахувань ($H_a = 60\%$).

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_a = 5000 \cdot 0,6 = 3000 \text{ грн.}$$

Річна вартість споживаної електроенергії, визначається за формулою:

$$C_{\text{ел}} = M_y \cdot T_{\text{ко}} \cdot C_{\text{э}} \cdot K_{\text{и}} \quad (4.14)$$

де M_y – установлена сумарна потужність комп'ютерного устаткування:

$$M_y = 0,6 \text{ кВт};$$

$T_{\text{ко}}$ – річний фонд роботи комп'ютера з урахуванням часу на профілактичні огляди: $T_{\text{ко}} = 5500$ год;

$C_{\text{э}}$ – вартість 1 кВт – години ел. енергії 3,45 грн;

$K_{\text{и}}$ – коефіцієнт інтенсивного використання потужності, $K_{\text{и}} = 0,9$.

$$C_{\text{ел}} = 0,6 \cdot 5500 \cdot 3,45 \cdot 0,9 = 10246,5 \text{ грн.}$$

Разом:

$$C = C_{\text{опл}} + C_a + C_{\text{ел}} + C_p + C_{\text{п}}:$$

$$C^{\text{до}} = 386496 \text{ грн (тільки вартість труда).}$$

$$C^{\text{після}} = 128832 + 3000 + 10246,5 + 300 + 100 + 2500 = 144950,5 \text{ грн.}$$

Річна економія на поточних витратах: $\mathcal{E}_r = (C^{\text{до}} - C^{\text{після}}) + \Delta\Pi$,

де $\Delta\Pi$ – приріст прибутку господарчого суб'єкта та його структурно-горозподілу $\Delta\Pi = 0$.

$$\mathcal{E}_r = 386496 - 144950,5 + 0 = 241545 \text{ грн.}$$

$$\mathcal{E}_o = 241545,2 - 0,25 \cdot 125517,95 = 210165,7 \text{ грн.}$$

Рентабельність інвестицій:

$$E = \frac{\mathcal{E}_r}{K_{\text{п}}} \cdot 100\% = \frac{241545,2}{K_{\text{п}}} \cdot 100\% = 199\% \quad (4.15)$$

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

199 % > 25 % – відповідно, проект ефективний.

Строк окупності витрат проекту складає до одного року.

Таблиця 4.13

Техніко-економічні показники програмного продукту

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення показника	
		до впровадження проекту	після впровадження проекту
Трудомісткість розробки проекту	дні		151
Ціна ПП	грн		115 339,45
Капітальні витрати	грн	–	125517,95
Поточні витрати	грн/рік	386494	144950
Економічний ефект від реалізації проекту	грн/рік		241545,2
Строк окупності	роки		0,5
Рентабельність	%		199

4.4 Орієнтовний бізнес-план стартап-проекту на тему дослідження структурної живучості мереж

4.4.1 Загальна інформація

Назва проекту: «Дослідження структурної живучості мереж довільної структури»

Тип проекту: стартап.

Сфера діяльності: комп'ютерна інженерія, комп'ютерні науки, телекомунікації.

Проблемна ситуація.

Сучасні мережі все частіше використовуються для критичних застосувань, таких як управління виробничими процесами, енергетика, транспорт,

фінансові послуги. У цих випадках мережі повинні бути стійкими до відмов, тобто продовжувати функціонувати навіть у разі пошкодження або втрати частини обладнання.

Однак, оцінка живучості мереж довільної структури є складною задачею. На відміну від мереж регулярних структур, таких як сітки або дерева, мережі довільної структури можуть мати будь-яку форму, що ускладнює їх аналіз.

4.4.2 Ідея, мета і ключові результати проекту

Ідея проекту. Пропонується розробити новий метод оцінки структурної живучості мереж довільної структури. Метод буде заснований на використанні штучного інтелекту, зокрема, машинного навчання.

Мета проекту – розробити новий метод оцінки структурної живучості мереж довільної структури, який буде більш точним і ефективним, ніж існуючі методи.

Очікувані ключові результати проекту:

- розроблений метод оцінки структурної живучості мереж довільної структури;
- розроблена методика використання і пояснення принципу роботи методу;
- показники ефективності методу.

4.4.3 Ключові етапи

Проект передбачається реалізувати в три етапи:

Етап 1 (3 місяці).

1. Дослідження існуючих методів оцінки живучості мереж.
2. Розробка концепції нового методу.

Етап 2 (6 місяців).

1. Розробка прототипу методу.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Тестування прототипу на тестових мережах.

Етап 3 (9 місяців).

1. Покращення методу на основі результатів тестування.
2. Опублікування результатів проекту.

4.4.4 Маркетинг і фінансовий план

Очікується, що основними споживачами методу будуть:

- постачальники телекомунікаційного обладнання;
- організації, які керують критичними мережами.

Для просування методу будуть використовуватися такі канали:

- участь у спеціалізованих конференціях і виставках;
- публічні виступи та інтерв'ю;
- створення веб-сайту та маркетингових матеріалів.

Загальний бюджет проекту становить 150 000 грн. Фінансування буде здійснюватися за рахунок власних коштів засновників проекту.

4.4.5 Команда проекту

Команда проекту складається з двох засновників, які мають досвід роботи в галузі комп'ютерних наук і телекомунікацій.

4.4.6 Висновок

Проект має високий потенціал для успіху. Розроблений метод оцінки структурної живучості мереж довільної структури може задовольнити потребу ринку в більш точних і ефективних методах оцінки живучості мереж.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до четвертого розділу

1. Представлена організаційно-економічна характеристика роботи дозволила визначити класи, до яких відноситься проект.

2. Виконаний аналіз ефективності показав, що реалізація проекту є ефективною не лише в науково-технічному плані, а й також має соціальний, екологічний і маркетинговий аспекти.

3. Розрахунок економічних показників проекту, а саме складності, трудомісткості, вартості розробки і капітальних витрат, показав, що:

- трудомісткість і терміни розробки не перевищують заплановані значення;
- ціна програмного продукту, капітальні та поточні витрати дозволяють окупити проект в термін до одного року;
- рентабельність проекту показує високу якість цінової та комерційної стійкості проекту;

Економічна ефективність цього проекту показує перевагу його реалізації порівняно зі замовленням послуги аналізу живучості заданої мережі у сторонньої профільної установи.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ

Дана дипломна робота присвячена створенню комп'ютерної гри. Оскільки об'єкт розробки є типовим представником програмного забезпечення, а розробники ігор працюють за персональним комп'ютером (ПК) багато годин, вони мають слідувати правилам і рекомендаціям, що стосуються охорони праці з комп'ютером.

5.1 Загальні положення

Продуктивність та характер діяльності людини прямо пов'язані з виконанням конкретних робіт та ефективністю праці. Остання визначається як впливом людського фактору, так і використанням засобів виробництва, а також умовами, пов'язаними з технологією та організацією праці. В сучасній промисловій сфері більшість працівників займається роботою, пов'язаною з використанням комп'ютерної техніки. Працюючи за комп'ютером, людина стикається з різноманітними факторами, такими як електромагнітні поля, інфрачервоне та іонізуюче випромінювання, шум, вібрації та статична електрика.

Робота за комп'ютером супроводжується нервовим навантаженням та потребує значної ментальної напруги для операторів. Вона також вимагає високого рівня зорової активності та значного фізичного навантаження на руки під час взаємодії з клавіатурою. Рациональна конструкція та розташування елементів робочого місця мають велике значення для забезпечення оптимальної робочої позиції під час праці за комп'ютером.

Під час роботи з комп'ютером важливо дотримуватись належного режиму праці та відпочинку. В іншому випадку працівники можуть

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відчувати незадоволення роботою, головний біль, роздратування, порушення сну, втому та відчувати біль в очах, спині, шиї та руках.

Обчислювальна техніка виділяє тепло, що може призвести до підвищення температури та зниження вологості у приміщенні.

Рівень шуму на робочому місці оператора не повинен перевищувати встановлені норми. Для зниження рівня шуму стіни та стеля в приміщенні, де знаходяться комп'ютери, повинні бути облицьовані матеріалами, що поглинають звук.

Оптичне випромінювання включає ультрафіолетове, видиме світло та інфрачервоне випромінювання.

В першу чергу, ультрафіолетове випромінювання впливає на шкіру та очі людини. Проте, аналіз досліджень робочих місць користувачів комп'ютерів показує, що у 86 % випадків ультрафіолетове випромінювання не було виявлено.

Світлове випромінювання, переважно, впливає на очі і може викликати втому та запалення райдужної оболонки. Однак ці симптоми швидко зникають і не спричиняють патологічних змін.

Електромагнітне випромінювання (ЕМВ) у радіочастотному діапазоні є основним джерелом ЕМВ в робочому середовищі, зокрема від монітора. Тому при обиранні місця для комп'ютера необхідно враховувати, що задня і бокові стінки можуть бути джерелом значно більшого ЕМВ, ніж сам екран.

Наукові дослідження свідчать про те, що радіочастотне випромінювання впливає на центральну нервову систему і є значним стрес-фактором.

Щоб зменшити вплив згаданих видів випромінювання, рекомендується використовувати монітори з низьким рівнем випромінювання, а також дотримуватись регламентованого режиму праці та відпочинку.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Способи зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів при роботі з комп'ютером

Щодо зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів під час роботи з комп'ютером, необхідно, зокрема, правильно розташовувати обладнання та електричні кабелі, щоб уникнути ризику ураження електричним струмом. Інші заходи, пов'язані з електробезпекою, відповідають загальним вимогам щодо пожежної та електробезпеки.

Екран монітора повинен бути розташованим перпендикулярно до напрямку погляду. Якщо він нахилений, це може спричинити погіршення постави. Відстань між очима та екраном повинна трохи перевищувати звичайну відстань між очима та книгою. Якщо на моніторі, особливо на старих моделях, відсутній захисний екран, необхідно сидіти на відстані витягнутої руки від нього. Ще одним аспектом, що стосується зору, є створення неоднорідного поля зору. Це можна досягти, розмістивши на стінах плакати або картини з спокійними кольорами, наприклад, пейзажі або натюрморти.

Форма спинки крісла має відповідати формі спини. Висота крісла має бути така, щоб користувач не відчував тиску на стегна або куприк. Крісло бажано обладнати підлокітниками, а його розташування має бути зручним, щоб не доводилося напружуватись, щоб дістатися до клавіатури. Дуже важливими є регулярні переміщення та зміна положення тіла, а також перерви у роботі.

Під час напруженої роботи за комп'ютером рекомендується робити перерви тривалістю 15 хвилин кожну годину і займатися іншими справами. Кілька разів на годину корисно виконати серію легких вправ для розслаблення.

Якщо не дотримуватись заходів безпеки під час роботи за комп'ютером, можуть виникнути такі наслідки, як:
проблеми з органами зору (спостерігаються у 60 % користувачів);

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захворювання серцево-судинної системи (20 % користувачів);
захворювання шлунково-кишкового тракту (10 % користувачів);
шкіряні проблеми (5 % користувачів);
ризик виникнення різноманітних пухлин.

Якщо у приміщенні використовується більше одного комп'ютера, важливо враховувати, що на користувача може впливати випромінювання від інших комп'ютерів, зокрема з бокових, та задньої стінки сусідніх дисплеїв. Тому необхідно встановити спеціальні фільтри та забезпечити, щоб користувач розміщувався на відстані не менше одного метра від бічних і задніх стінок інших дисплеїв.

Отже, для запобігання негативним впливам важливо бути ознайомленим з небезпечними аспектами самого комп'ютера, правилами безпечної роботи з ним, засобами запобігання ризикам, особливо пов'язаним з відомими загрозами, такими як електричні ураження та пожежна небезпека.

5.3 Правила безпеки при роботі з комп'ютером

Перед початком роботи на комп'ютері користувач повинен переконатися у цілісності корпусу та компонентів комп'ютера, а також перевірити наявність заземлення, стан та цілісність живильних кабелів та їх правильне підключення. У разі виявлення несправностей вмикати комп'ютер та розпочинати роботу заборонено.

Під час роботи, після переконання у справності обладнання, можна увімкнути живлення комп'ютера і почати роботу, дотримуючись умов, зазначених у відповідному посібнику з експлуатації.

Заборонено:

замінювати різні деталі або компоненти під час роботи комп'ютера;
з'єднувати або від'єднувати вилки та розетки живильної мережі, які знаходяться під напругою;

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкривати кришки, що закривають доступ до струмопровідних частин живильної мережі під час роботи обладнання;
використовувати паяльник з не заземленим корпусом;
замінювати запобіжники під напругою;
залишати комп'ютер увімкненим без нагляду.

Після закінчення робочого дня необхідно:
вимкнути живлення комп'ютера, натиснувши відповідну кнопку та вийнявши вилку живильного кабелю з розетки, дотримуючись інструкцій з експлуатації;
прибрати робоче місце користувача комп'ютера, відклавши використане обладнання та матеріали на призначені для них місця;
у разі виявлення дефектів під час роботи комп'ютера – повідомити відповідним посадовим особам та спеціалістам.

5.4 Пожежна профілактика

Для забезпечення пожежної безпеки потрібно, в першу чергу, визначити типи та кількість первинних засобів пожежогасіння. При цьому необхідно враховувати фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості горючих речовин, їх взаємодію з вогнегасниками, а також площу виробничих приміщень, установок та відкритих майданчиків.

Для загасання невеликих вогнищ пожеж, де горіння не може відбуватися без доступу повітря призначені азбестові полотна, грубошерстяні тканини та повсті розміром не менше 1 кв. м.

У пожежному стенді мають бути ємності для піску об'ємом не менше 0,1 куб. м. Конструкція ящика з піском має забезпечувати зручний доступ до нього і запобігати потраплянню опадів або проникненню вологи іншими маршрутами.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комплектація технологічного обладнання вогнегасниками повинна відповідати вимогам технічних умов (паспортів) на це обладнання або відповідним правилам пожежної безпеки.

Необхідно вибирати тип вогнегасників і розраховувати їх необхідну кількість залежно від їх вогнегасної здатності, максимальної площі, класу пожежі горючих речовин і матеріалів у закритих приміщеннях або на об'єктах згідно з ISO N 3941-77.

У замкнутих приміщеннях об'ємом до 50 куб.м для загасання пожеж можна використовувати портативні вогнегасники або додатково використовувати порошкові вогнегасники.

При виборі вогнегасника з врахуванням відповідної температурної межі використання необхідно враховувати кліматичні умови, в яких будуть експлуатуватися будівлі та споруди.

Вогнегасники, які були відправлені на перезарядку з підприємства, повинні бути замінені на відповідну кількість заряджених вогнегасників.

При захисті приміщень з ПК слід враховувати особливості взаємодії вогнегасних речовин з обладнанням, виробами, матеріалами та іншими елементами. Для цих приміщень рекомендується встановлювати вуглекислотні вогнегасники, враховуючи максимально допустиму концентрацію вогнегасної речовини.

Приміщення, які обладнані автоматичними стаціонарними установками пожежогасіння, повинні мати вогнегасники на 50 % від їх розрахункової кількості. Відстань від можливого вогнища пожежі до місця розташування вогнегасника не повинна перевищувати: 20 м для громадських будівель і споруд, 30 м для приміщень категорій А, Б і В, 40 м для приміщень категорії Г та 70 м для приміщень категорії Д.

Використання первинних засобів пожежогасіння для господарських та інших потреб, які не пов'язані з гасінням пожежі, заборонено.

З урахуванням типу будівлі (громадське приміщення) та можливого класу пожежі (Е), оскільки у приміщенні є багато комп'ютерів, визначаємо необхідну кількість вогнегасників – один порошковий вогнегасник об'ємом 5 літрів.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до п'ятого розділу

У даній частині дипломного проекту були розглянуті питання щодо гігієнічних норм організації і обладнання робочих місць користувачів персональних комп'ютерів, питання пожежної профілактики приміщень, виконані необхідні розрахунки об'єму недоторканого запасу води для зовнішнього пожежогасіння. Отримані результати дозволяють обладнати приміщення для роботи користувачів обчислювальної техніки з дотриманням вимог безпеки їх праці.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Науковий результат кваліфікаційної роботи полягає в комплексі положень, методичних рішень і практичних рекомендацій щодо оцінки та підвищення структурної живучості мереж зв'язку довільної структури.

В першому розділі були проаналізовані основні поняття стосовно живучості мереж зв'язку, відповідні наукові публікації. За результатами аналізу виконана загальна постановка задачі, проведено огляд методів розрахунку показників живучості мереж зв'язку, відзначено важливість завдань, пов'язаних з оцінкою та підвищенням живучості мереж, враховуючи необхідність підтримки працездатності та надійності мережі при виникненні відмов, а також виконано огляд існуючих програмних засобів, які можуть допомогти у вирішенні задач дослідження структурної живучості мереж зв'язку.

В другому розділі кваліфікаційної роботи були розроблені структура модулів і блок-схеми основних алгоритмів, запропонована методика оцінки відповідності мережі зв'язку заданим вимогам забезпечення живучості, розроблено технічне завдання на проектування системи підтримки дослідження і виконано її проектування: розроблені структура модулів і функцій програмної системи підтримки дослідження, основні алгоритми процедур розрахунку живучості за показником кількості шляхів по одному напрямку зв'язку в мережі.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи було обрано засоби реалізації системи підтримки дослідження структурної живучості мережі зв'язку, реалізовано користувачський інтерфейс і алгоритми у вигляді програм. На основі моделей і методів оцінки структурної живучості мереж зв'язку було виконано дослідження структурної живучості за двома показниками: кількістю шляхів і кількістю зв'язаних пар вузлів.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконаний техніко-економічний аналіз розробки, а також дослідження питань охорони праці користувача дозволили довести доцільність розробки проекту і забезпечити безпечні умови праці користувача-дослідника.

Підсумовуючи, варто ще раз зазначити, що оцінка структурної живучості сучасних телекомунікаційних мереж є надзвичайно важливою з кількох причин. Це, в першу чергу, забезпечення безперервності обслуговування: телекомунікаційні мережі повинні залишатися функціональними навіть у випадку збоїв або відмов окремих компонентів. Оцінка живучості допомагає виявити слабкі місця мережі та вжити заходів для підвищення її стійкості. По-друге, це захист від кібератак та зловмисних дій: телекомунікаційні мережі є частими об'єктами кібератак, які можуть призвести до значних збоїв у роботі. Оцінка структурної живучості включає аналіз захищеності мережі та розробку заходів для мінімізації ризиків. Нарешті, це оптимізація ресурсів та витрат: оцінка живучості дозволяє визначити оптимальні стратегії для розподілу ресурсів, таких як резервні канали та додаткові сервери, що допомагає знизити витрати без втрати надійності.

Таким чином, результати даної кваліфікаційної роботи мають потенційну затребуваність серед розробників і дослідників мереж телекомунікацій і, відповідно, перспективи подальшого розвитку.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		101

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Басюркіна Н. Й., Свистун Т. В. Методичні вказівки до оцінки науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій. Для студентів всіх спеціальностей СВО «бакалавр» і «магістр» денної і заочної форм навчання. – Одеса : ОНТУ, 2022. – 18 с.
2. Rashid T. Make Your Own Neural Network. – , 2016. [Електронний ресурс]. – URL : <http://makeyourownneuralnetwork.blogspot.com/2016/07/error-backpropagation-revisited.html>. [R]
3. Вігуржинська С. Ю, Колесник В. І. Дипломне проектування економічної частини проекту: Методичні вказівки для студентів, що навчаються за комп'ютерними спеціальностями "Інформаційні управляючі системи та технології", "Інформаційні технології проектування", "Комп'ютерні системи та мережі" та "Спеціалізовані комп'ютерні системи". – Одеса: ОНАХТ, 2016. – 22 с.
4. Вісловух А. М. Охорона праці користувачів персональних комп'ютерів (ПК): Навчальний посібник. – К.: ІПК ДСЗУ, 2007. – 55с.
5. Додонов О. Г. Живучість інформаційних систем [Текст]: / А. Г. Додонов, Д. В. Ланде. – К. : Наукова думка, 2011. – 256 с.
6. Додонов О. Г. Системні дослідження живучості та безпеки складних технічних систем / О. Г. Додонов, О. С. Горбачик, М. Г. Кузнєцова // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2010, Т. 12, № 2. – С. 202-208. [Електронний ресурс]. – URL : <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/50463/21-Dodonov.pdf?sequence=1>.
7. Зайченко О. Ю. Аналіз та оптимізація показників живучості комп'ютерних мереж з технологією АТМ [Текст] // Вісник національного технічного університету «Системи дослідження та інформаційні технології», № 1, 2003. – С. 16–24.

					КРБ.КІ.1.442-03.4.2	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Князева Н. О. Метод забезпечення структурної живучості телекомунікаційної мережі [Текст] // ITNEA International Conferences, 2013. – Bulgaria. – С. 275–284.
9. Князева Н. О. Підвищення структурної живучості телекомунікаційної мережі [Текст] // ITNEA International Conferences, 2013. – Bulgaria. – С. 152–166.
10. Князева Н. О. Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж. Частина 2. Методи аналізу і синтезу комп'ютерних мереж. – Одеса : СПД Бровкін О. В., 2012. – 240 с.
11. Князева Н. О. Дипломне проектування: Методичні вказівки до дипломної роботи спеціаліста / Н. О. Князева, С. В. Шестопапов, С. Л. Жуковецька. – Одеса : ОНАХТ, 2016. – 46 с.
12. Ковальов О. П. Про живучість об'єктів енергетики [Текст] / О. П. Ковальов, В. В. Якімішина // Промислова електроенергетика, № 1, 2006. – С. 20–26.
13. Огороднійчук М. Д. Комплекси і засоби військових телекомунікаційних мереж / М. Д. Огороднійчук, Ю. Д. Чайка, О. Г. Оксіюк, за ред. проф. М. Д. Огороднійчука. – К. : НУОУ, 2010. – 384 с.
14. Романов О. І. Телекомунікаційні мережі та управління [Текст]. – К. : ВСЦ, «Київський університет», 2003. – 247 с.
15. Australian mobile telecommunications industry, The Allen Consulting Group Pty Ltd, economic significance of mobile telecommunications, September, 2004.– 84 p.
16. Friis K., Muller L. P., Gjessvik L. Cyber-weapons in international politics: Possible sabotage against the norwegian petroleum sector // NUPI Report. – NUPI, 2018.
17. Ellison R. J. Survivable Network Systems: An Emerging Discipline / R. J. Ellison, D. A. Fisher, R. C. Linger, H. F. Lipson, T. Longstaff, N. R. Mead // Carnegie-Mellon Software Engineering Institute Technical Report CMU/SEI-97-TR-013, 1997 revised 1999.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

18. Guzie, Gary L. Integrated Survivability Assessment [PDF] // U.S. Army Research Laboratory: 11. – 2004. – URL : <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA422333.pdf>
19. Kniazieva N. Method for assessing the structural reliability of networks with undetermined topology / N. Kniazieva, A. Nenov, I. Kolumba // Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska – IAPGOŚ, 1/2020, pp. 32–35.
20. Rausand M., Høyland A. System reliability theory: Models, statistical methods, and applications, second edition / 2nd ed. – Wiley-Interscience, 2003.
21. Survivability [Електронний ресурс] // Wikipedia. – URL : <https://en.wikipedia.org/wiki/Survivability>.

					<i>КРБ.КІ.1.442-03.4.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104