

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Методи та комп'ютеризовані засоби детектування сигналів на фоні завад

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи СІмз-61  
спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

	_____ (підпис)	Прунчак А.В. (прізвище та ініціали)
Керівник	_____ (підпис)	Осухівська Г.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____ (підпис)	Тиш Є.В. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	_____ (підпис)	Осухівська Г.М. (прізвище та ініціали)
Рецензент	_____ (підпис)	Приймак М.В. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Осухівська Г.М.  
(прізвище та ініціали)  
« » 2020 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Прунчаку Андрію Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методи та комп'ютеризовані засоби детектування сигналів на фоні завад

Керівник роботи Осухівська Галина Михайлівна, к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » серпня 2020 року № 4/7-590

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження: процес детектування сигналів з невідомими параметрами на фоні завад у комп'ютерних мережах; Предмет дослідження: математична модель сигналів у комп'ютерних мережах з невідомими параметрами.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Математичні методи комп'ютеризованої системи детектування сигналів

3. Програмне забезпечення комп'ютеризованої системи детектування сигналів

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Актуальність роботи

2. Наукова новизна отриманих результатів

3. Математична модель сигналів на фоні завад

4. Оптимальна фільтрація сигналу для його оптимального детектування на фоні завад

5. Блок-схема комп'ютеризованої системи детектування сигналів

6. Результати детектування сигналу на фоні завад

7. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Осухівська Г.М., зав. каф. КС		
	Стадник І.Я., проф. каф. ОХ		

7. Дата видачі завдання 01.10.2020 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання	01.10.2020 р.	
2	Аналіз завдання	10.10.2020 р.	
3	Виконання розділу 1	25.10.2020 р.	
4	Виконання розділу 2	09.11.2020 р.	
5	Виконання розділу 3	21.11.2020 р.	
6	Виконання розділу 4	25.11.2020 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	01.12.2020 р.	
8	Оформлення графічного та презентаційного матеріалу	08.12.2020 р.	
9	Перевірка роботи на антиплагіат	12.12.2020 р.	
10	Попередній захист	17.12.2020 р.	
11	Захист	24.12.2020 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Прунчак А.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Осухівська Г.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Методи та комп'ютеризовані засоби детектування сигналів на фоні завад// Кваліфікаційна робота магістра// Прунчак Андрій Володимирович // ТНТУ, комп'ютерна інженерія, група СІмз-61 // Тернопіль, 2020 // С. – 95, рис. – 31, аркушів А1 – 9, додат. – 3, бібліогр. – 40.

Ключові слова: КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ ЗАСІБ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ДЕТЕКТУВАННЯ, КОРИСНИЙ СИГНАЛ, ЗАВАДА, УЗГОДЖЕНА ФІЛЬТРАЦІЯ, MATLAB.

У кваліфікаційній роботі розроблено метод та комп'ютеризований засіб для достовірного детектування корисних складових сигналів на фоні завадного середовища із використанням цифрової фільтрації узгодженого типу. Поєднання цифрової фільтрації узгодженого типу із критерієм Неймана-Пірсона забезпечило процес розробки методу та комп'ютеризованого засобу достовірного детектування корисної складової сигналу на основі моделі як суміші корисної складової та завади з параметрами нормального розподілу.

Засобами середовища Matlab розроблено комп'ютеризований засіб із інтерфейсом користувача, який уможлиблює проведення процесу детектування корисної складової сигналів на фоні завадного середовища.

## ANNOTATION

Methods and computerized means of detecting signals against noise // Qualification work of the master // TNTU, Computer Engineering // Prunchak Andriy // group SIMz-61 // Ternopil, 2020 // p. – 95, fig. – 31, tab. – 0, Sheets A1 – 9, Add – 3, Ref. –40.

Keywords: COMPUTERIZED TOOL, SOFTWARE, DETECTION, USEFUL SIGNAL, INTERFERENCE, COORDINATED FILTRATION, MATLAB.

The qualification work developed a method and a computerized tool for reliable detection of useful components of signals against the background of a noisy environment using digital filtering of the agreed type. The combination of digital filtering of the matched type with the Neumann-Pearson criterion provided the process of developing a method and computerized means for reliable detection of the useful component of the signal based on the model as a mixture of useful component and interference with normal distribution parameters.

Matlab has developed a computerized tool with a user interface that allows the process of detecting signals against interference.

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АФ – аналоговий фільтр;

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

ІФ – імпульсна функція;

ІХ – імпульсна характеристика;

КЗ – комп'ютеризований засіб;

КЧХ – комплексна частотна характеристика;

МО – мережеве обладнання;

ФЗ – фон завад;

ЦФ – цифрова фільтрація.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	11
1.1. Завади в комп'ютерних мережах.....	11
1.1.1. Електромагнітні завади.....	11
1.1.2. Завади мережевого обладнання.....	13
1.2. Методи детектування сигналів на фоні завад.....	17
1.2.1. Метод усереднення.....	17
1.2.2. Фільтрація сигналу.....	17
1.2.3. Кореляція сигналу.....	22
1.3. Висновки до розділу 1.....	23
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЕТЕКТУВАННЯ СИГНАЛІВ.....	24
2.1. Математична модель сигналів у мережевих каналах зв'язку.....	26
2.2. Математична модель завади у мережевих каналах зв'язку.....	29
2.3. Критерій оптимальної фільтрації як методу детектування сигналу.....	28
2.3.1. Середнє квадратичне відхилення.....	29
2.3.2. Амплітудне відношення сигналу до шуму.....	30
2.3.3. Енергетичне відношення сигналу до шуму.....	31
2.3.4. Вибір критерію.....	31
2.4. Узгоджена фільтрація сигналу на фоні завад.....	31
2.4.1. Аналогова фільтрація.....	32
2.4.2. Цифрова фільтрація.....	38
2.5. Алгоритмічне забезпечення детектування корисної складової сигналу.....	44
2.6. Висновки до розділу 3.....	48
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЕТЕКТУВАННЯ СИГНАЛІВ.....	49
3.1. Блок-схема програмної реалізації детектування сигналу.....	49
3.2. Програмна реалізація методу детектування сигналу.....	50

3.3. Результати детектування сигналів на фоні завад.....	59
3.4. Висновки до розділу 4.....	64
<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>65</b>
4.1. Охорона праці.....	65
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	67
4.3 Висновки до розділу 4.....	69
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>71</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>72</b>
Додаток А. Теза конференції «Актуальність детектування сигналів на фоні завад у комп’ютерних системах».....	76
Додаток Б. Теза конференції «Комп’ютерна система детектування корисних сигналів».....	79
Додаток В. Текст програмного забезпечення комп’ютеризованої системи детектування сигналів на фоні завад.....	83



## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Проблема детектування сигналів з невідомими показниками на фоні різноманітних завад в комп'ютерних мережах провідного та безпроводного характеру є важливою задачею цифрової обробки сигналів у комп'ютерних системах.

Для вирішення багатьох теоретичних і практичних завдань обробки сигналів у комп'ютерних системах на фоні завад фундаментальне значення мають праці Ш.М.Чабдарова, П.С.Акімова, В.І.Тихонова, Л.С.Гуткіна, В.А.Котельникова, Б.Р.Левіна, Ю.С.Лезіна, Ю.Г.Сосуліна, Б.Гоулда, Н.Вінера, А.Оппенгейма, Л.Рабінера, В.В.Калмиков, А.Н.Дмитриєнко і інших науковців.

Для детектування сигналів на фоні завад застосовуються комп'ютерні засоби, які реалізовано на методах детектування таких як: усереднення [Вайнштейн Л.А., Зюко А.Г.] та частотної обробки (аналогова та цифрова фільтрація). Метод усереднення вимагає великої вибірки сигналу, що зумовлює перенавантаження комп'ютерної системи та підвищує рівень впливу факторів дестабілізуючого характеру на результати її обробки. У випадку частотної обробки найефективнішою є цифрова фільтрація, яка по відношенню до аналогової характеризується стабільністю смуги пропускання та коефіцієнтом передачі.

Проте, відомі методи та розроблені на комп'ютерні засоби детектування сигналів з невідомими параметрами у сучасних комп'ютерних технічних системах характеризуються низькою достовірністю результатів щодо прийняття рішення про факт відсутності або присутності сигналу на фоні завад.

Тому розроблення оптимального методу та комп'ютерних засобів детектування сигналів на фоні завад на базі методу цифрової фільтрації із підвищеним рівнем прийнятого рішення є актуальною задачею наукового спрямування.

**Метою дослідження** є розробка методу та комп'ютерного засобу детектування сигналів на фоні завад із підвищеною рівнем достовірності прийнятого рішення.

Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких завдань:

1. Провести аналіз відомих методів детектування сигналів на фоні завад для обґрунтування напряму наукового дослідження.

2. Побудувати математичну модель сигналу у комп'ютерних мережах для задачі його оптимального детектування на фоні завад.

3. Розробити метод оптимального детектування сигналів з наперед невизначеними параметрами на фоні завад та метод обчислення достовірності прийняття рішення.

4. Розробити комп'ютерний засіб (програмне забезпечення) оптимального детектування сигналів на фоні завад.

5. Провести дослідження щодо детектування сигналів на фоні завад у комп'ютерних мережах.

*Об'єкт дослідження.* Процес детектування сигналів з невідомими параметрами на фоні завад у комп'ютерних мережах.

*Предмет дослідження.* Математична модель сигналів у комп'ютерних мережах з невідомими параметрами.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Вперше розроблено програмне забезпечення комп'ютеризованої системи детектування сигналів з невідомими показниками на фоні різноманітних завад шляхом поєднання засобу Matlab, критерію Неймана-Пірсона та узгодженої фільтрації чим підвищено показники достовірності прийнятих рішень.

**Практичне значення одержаних результатів.** Полягає у тому, що розроблений комп'ютеризований засіб дає змогу дослідити процеси детектування сигналів з невідомими параметрами на фоні завад різного роду в комп'ютерних мережах провідного та безпроводного характеру.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Завади в комп'ютерних мережах

1.1.1. Електромагнітні завади. На мережеве обладнання (МО), яке функціонує у комп'ютерній мережі безпроводного характеру, діє різноманітне число завад, які спричинені штучними та природними витоками електромагнітного випромінювання. Загальну класифікацію завад за видом джерела випромінювання зображено на рис. 1.1.

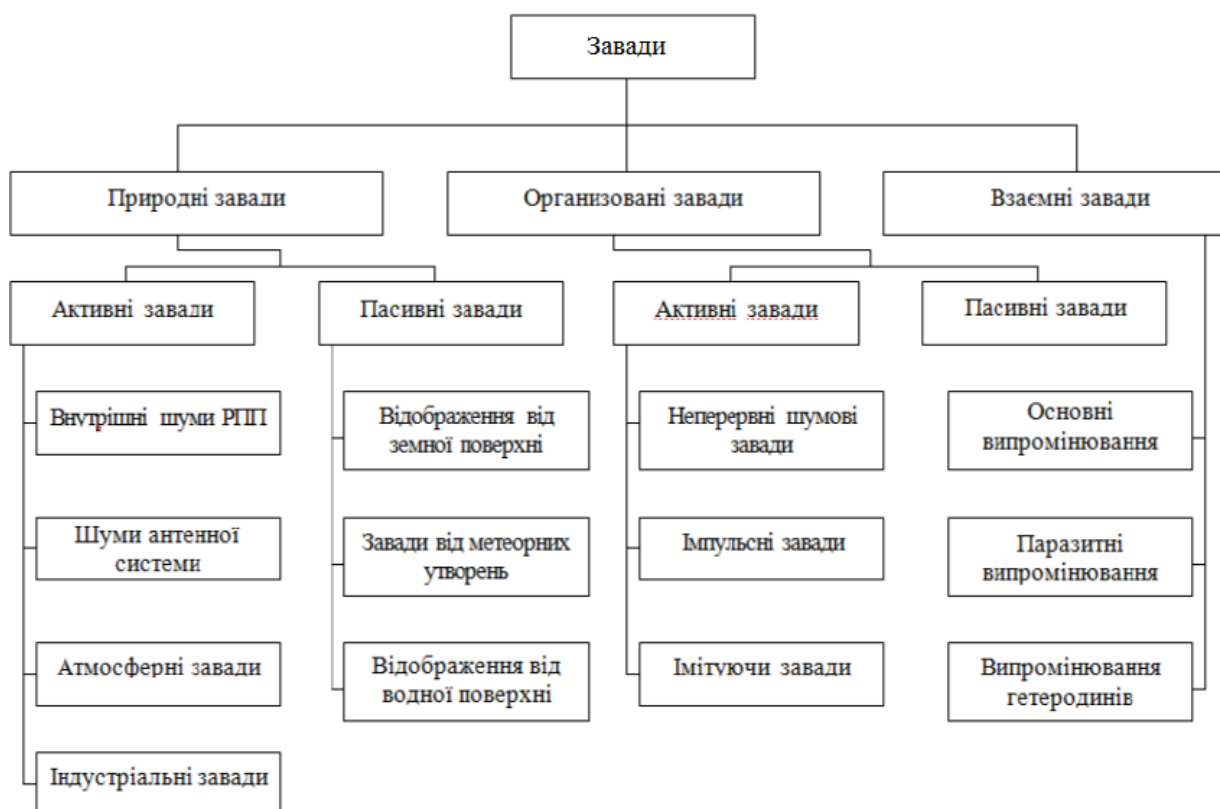


Рис.1.1. Загальна класифікація завад у безпроводних мережах

Без врахування організованих завад, то вплив інших залежить від діапазону частот. В частотному діапазоні від 50кГц до 30МГц вагомий вплив на працездатність МО чинять індустриальні, атмосферні, космічні шуми, завади відбитті від поверхонь води та землі [1]. У частотному діапазоні УКВ дія наведених вище завад раптово знижується та найбільшу вагомість мають власні шуми вхідних

каскадів МО у безпроводних мережах і шуми антенних систем [2]. У діапазоні НВЧ наведені вище завад мають вагоме значення. Усі розглянуті вище завади мають властивості флуктуаційного шуму, які впливають на параметри чутливості вхідного МО і незначною мірою впливають на показники завадозахищеності тому, що вони локалізуються в паразитних мережевих каналах.

Небезпечними фактором впливу на показники завадозахищеності є взаємні завади, які локалізовані в усьому частотному просторі. Прогресуючий приріст чисельності загальної кількості працюючих комп'ютеризованих засобів (КЗ), розробка крупних мережевих комплексів з  $n$ -ою кількістю незалежного МО, приріст показників потужності передаючих сигналів в межах безпроводної мережі, підвищення показників чутливості МО призвело проблеми вагомого впливу завад взаємного характеру в цілому на усю мережу. Взаємні завади локалізовані в частотному діапазоні 50кГц-30МГц, що перекриває діапазон частоти УКВ і НВЧ.

В процесі розробки моделі завадового пристрою необхідно передусім враховувати важливі характеристики завад на окремих ділянках частотного діапазону. Використання різноманітних модуляцій і способів кодування, різних умов розповсюдження радіохвиль в мережах безпроводних, домінування одних завад над рештою формує ряд труднощів в процесі віддзеркалення реальної завадного пристрою як моделі узагальненого виду.

Щодо класифікації та аналізу завад електромагнітного характеру приділено значну кількість праць [3-5], однак єдиних підходів до розважання даної проблеми нема. Проте, низка існуючих класифікацій завад робить актуальним у цій проблемі наявність завадозахищеного МО.

Найефективнішою є така класифікація, яка в у своїй основі має єдине розуміння частотних параметрів передавання і способів керування коливання в безпроводній мережі. При такій поставці розглядають два питання, а саме завадозахищене МО та система обробки та кодування.

Потужність дії завад переважно залежить від властивостей досліджуваного МО та типу модуляції завади. Однак, у працях [4,6] на підставі проведених досліджень вирішують цю проблему шляхом впливу завад на МО з подальшим

перебиранням усіх існуючих класів сигналу встановлюють потужність дії кожного класів. Такий вплив відображають еквівалентом дії (відношення значення потужності завади, яка поступає на вхід МО, до значення потужності шуму, при однакових показниках експлуатації МО [5].

1.1.2 Завади мережевого обладнання. Найважливішим типом завад адитивного характеру є власні шуми пасивних та активних вхідних кіл МО. Властивості завади підсилювача передусім залежать від внутрішнього опору блоку формування сигналу, способу побудови та вхідного опору вхідних каскадів підсилювального вузла МО. Найвагоміший впливають на потужність завади чинять активні елементи МО.

Внутрішні завади транзисторів складаються з шумів теплового характеру опорів напівпровідників, шумів р-п-переходів та струморозподілення. Шуми теплового характеру формуються в ділянці бази, емітера та колектора, проте в практичних ситуаціях враховуються лише шуми теплового характеру опору бази. Схему еквівалентну шумову транзистора за схемою включення із спільним емітером зображено на рис.1.2 [8].

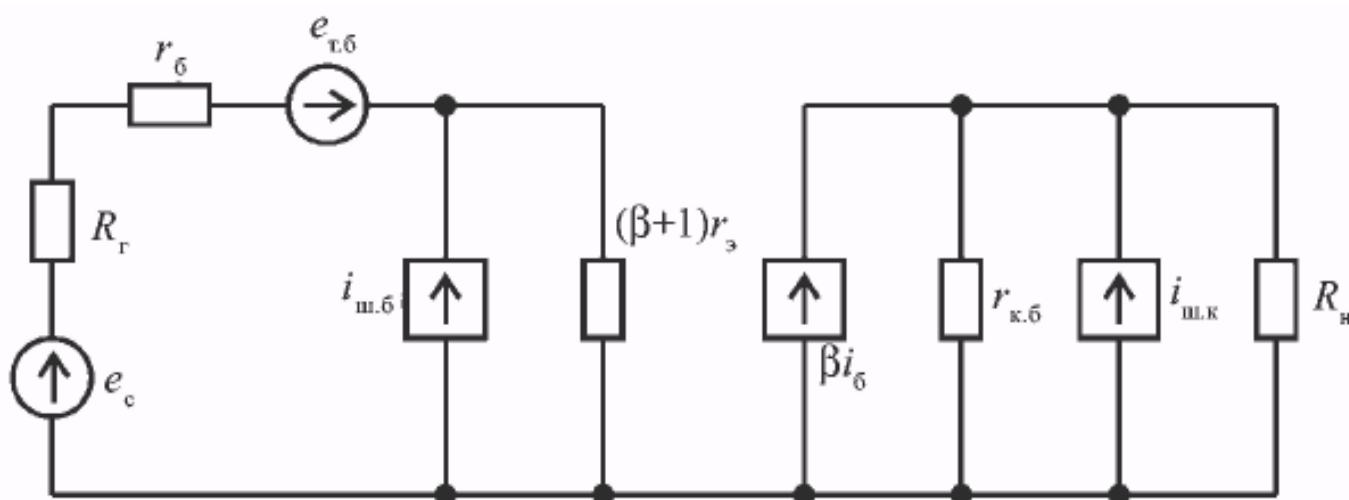


Рис. 1.2. Схема еквівалентна шумова транзистора

Шумові параметри транзистора на схемі рис.1.2. формуються джерелами шумових електрорушійних сил та струмів. Також необхідно враховувати спад показників напруженості на опорі джерела формування сигналу, що обумовлено за рахунок протікання через нього струму шуму бази та електрорушійними силами

шумів теплових активної частини опору внутрішнього джерела формування сигналу.

Шуми теплового характеру бази враховуються через генератор шумової електрорушійної сили:

$$e^2_{T.б} = 4kTr_б\Delta f, \quad (1.1)$$

Де  $e^2_{T.б}$  - значення ефективне електрорушійної сили шумів;  $k$  - константа Больцмана;  $r_б$  - опір бази;  $T$  - температура абсолютна;  $\Delta f$  - частот смуга, на якій здійснюється вимірювання шумової напруги.

Дробові шуми зумовлені стохастичним характером носіїв інжекційного характеру через колекторний та емітерний переходи та носіїв в ділянці бази. Шуми теплового характеру локалізовані рівномірно в усьому частотному діапазоні:

$$i^2_{ш.б} = 2qI_б\Delta f = 2q\frac{I_к}{\beta}\Delta f; \quad (1.2)$$

$$i^2_{ш.к} = 2qI_к\Delta f, \quad (1.3)$$

де  $i_{ш.б}$ ,  $i_{ш.к}$  - ефективні струмові шуми колектора та бази;  $I_б$  - струм бази;  $q$  - електронний заряд;  $\beta$  - коефіцієнт підсилення на базі;  $I_к$  - струм колектора.

На практиці підсилювачам шумова напруга пов'язана із усіма джерелами формування шумів. Для транзисторів характерним є приріст рівня шумів в діапазоні низьких частотах. Надлишковий шум, який зосереджений на низьких частотах, формується за рахунок рекомбінації-генерування вільних зарядових носіїв у напівпровідниках. Флуктуаційні процеси діркових та електронних рекомбінацій описуються механізмами пасткових захоплень, які зумовлені дефектними явищами в кристалах, їх об'ємі та на поверхнях. Теорія надлишкових шумових процесів дає змогу по заданих режимах транзистора визначити їх рівень

та сигнальними параметрами є недостатньо розробленою. Тому для оцінювання рівнів шумів застосовують співвідношення емпіричного типу [8,11]. Квадрат значення ефективного струму надлишкових шумів:

$$i_{ш.л}^2 = Af^{-m}\Delta f, \quad (1.4)$$

де  $A$  – деяка постійна;  $f$  - частота. Показник міри залежності  $m$  присвоює значення в діапазоні 0,9-1,5. Постійна  $A$  має у собі дві компоненти, які визначаються процесами в ділянці колектора, в інша ділянці бази. Надлишкові завади стрімко спадають із збільшенням значення частоти. Частота локалізація рівня спектральної густини шумів надмірних стає рівною по рівню шуму білого є частотою зрізу шуму надмірного. Значення частоти  $f_i$  зосередженні в діапазоні 0,1-1,0кГц.

Аналіз виразів (1.1-1.4) показує, що наведена до входу шумова напруга, визначається усіма аналогами генераторів шуму каскадів транзисторних, суттєво залежить від величини струмів колекторів та величини опору джерела сигналу. Тому для біполярних транзисторів при заданому робочому струмі є значення оптимальне опору внутрішнього джерела, що забезпечує мінімізацію рівня шумів. Найчастіше виникає такий випадок, коли при апріорному опорі внутрішньому джерела сигналу струм колектора оптимізується в точці робочій транзистора.

На підставі аналізу шумових параметрів підсилювачів також має місце застосовність методики, яка базується на описі про джерело шуму генераторами-еквівалентами струмового шуму та сили електрорушійної, які увімкненні на вхід підсилювача. Еквівалентну схему шумову підсилювача зображено на рис.1.4. Ефективне значення квадрат поданої до входу шуму напруги рівне:

$$U_{ш.вх}^2 = e_{ш}^2 + i_{ш.вх}^2 R_G^2 + 4kTR_G\Delta f \quad (1.5)$$

де  $e_{ш}, i_{ш}$  - значення ефективні шумового сили електрорушійної і струмового шуму генераторів-еквівалентів в заданому частотному діапазоні, а останній добуток

забезпечує врахування теплових шумів опору внутрішнього сигнального джерела  $R_r$  в тому ж частотному діапазоні.

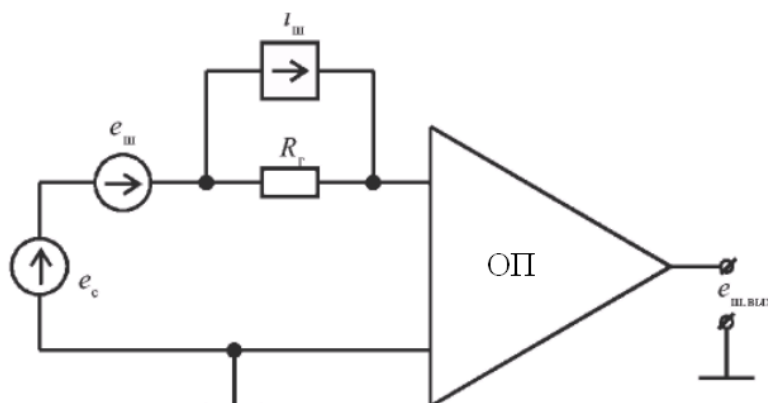


Рис. 1.4. Схема еквівалентна шумова підсилювача в МО

Характеристики шумові підсилювачів приводяться згідно технічних умовах не для усіх топологій мікросхем. Тому вираз (1.4) може використовуватися під час експериментального дослідження шумів підсилювачів. При визначенні значення сили електрорушійної шумів підсилювача, які подаються на вхід, достатньо здійснити вимір напруги шумової на виході підсилювача в певному частотному діапазоні при  $R_r = 0$ . Значення ефективного шумового струму можна  $i_{ш}$  взяти чи обчислити шляхом виміру вихідної шумової напруги при достатньо великому значенні (більше  $R_r = 100$  кОм) в тому ж частотному діапазоні.

Шум низькочастотного типу  $1/f$  є домінуючим для всіх підсилювачів в частотному діапазоні частот до 1 кГц. Це зумовлено тим, що базова частка шумів низькочастотних визначається генераційно-рекомбінаційними процесами, які по'язані з поверхневими та об'ємними кристалічними дефектами. Дослідження експериментальні [11] вказують на те, що підсилювачі при мінімальних значеннях характеризуються  $e_{ш}$  найбільшим рівнем струму шумового, і на оборот. Таку взаємозалежність між напругою шумовою та струмами можна зв'язати з структурою та параметрами вхідних каскадів. Занижений рівень струмів вході підсилювачів досягається за рахунок складності каскадів вхідних. Це першочергово призводить до прояву джерел додаткового шуму, які за рівнем збільшують приведену до входу



підсилювача шумову напругу. Шумові параметри підсилювачів практично не є залежними від рівня напруги джерела живлення. Додаткова обробка кристалу транзисторів підсилювачів, зокрема процес пасивації нітридом кремнію з метою стабілізації його поверхні, суттєво знижує складову низькочастотну шуму і зменшує рівень частотного зрізу надлишково шуму [11].

## 1.2. Методи детектування сигналів на фоні завад

1.2.1. Метод усереднення [8,16,42]. Проблема детектування низького за амплітудним рівнем сигналу на фоні завад, які спричинені наведеннями зовнішнього та внутрішнього роду артефактів та завад розв'язують шляхом усереднення  $K$ -ої кількості повторів суміші, що призводить зменшення завад в  $\sqrt{K}$  разів та при збільшенні загальної кількості реалізації сигнал усереднений прямує до корисної складової сигналу. Але такий метод є тісно пов'язаний з практичною неможливістю отримання великої кількості повторів посилок  $K$ , передусім не тільки через приріст часу передачі сигналів в мережі по каналах зв'язку. При збільшенні  $K$  збільшується рівень не стаціонарності. При невеликій кількості реалізацій сигналів суттєво спотвореними завадами випадковими та артефактами має факт значного відхилення результату усереднення від значень корисного сигналу. Тому передусім потрібні методи та засоби, що дали би змогу оцінити корисний сигнал в мережі за мінімальну кількість повторів його посилок в комп'ютерній мережі каналом зв'язку.

1.2.2. Фільтрація сигналу. На сьогодні перспективним напрямком в сфері обробки сигналів, які є спотвореними шумами широкосмуговими та завадами, є метод фільтрації із використання кратномасштабного перетворення вейвлет [48].

Видалення шумів із корисних сигналів може бути реалізовано через деталізацію високочастотних коефіцієнтів вейвлет-розкладання [50].

Компоненти шуму у сигналах і особливо випадкові великі викиди числових значень у сигналах, варто розглядати як множини особливостей сигналів локального характеру. Процес вейвлет-обробки мережевого сигналу є, по факту, результуючим

вихідним сигналом з виходу фільтру з КІХ, які мають вигляд дискретизованих відліків базу вейвлета.

Процес оброблення мережевих при використанні масштабнократних перетворень вейвлет містить стадії декомпозиційні та реконструкції мережевого сигналу. Процес декомпозиції мережевого сигналу полягає у розкладанні сигналу з виходу на послідовно задані апроксимуючі і деталізуючі коефіцієнти. Процес фільтрації мережевих сигналів від впливу завади можна реалізувати шляхом видалення коефіцієнту високочастотного рівня розкладів вейвлет [50]. Після процесу декомпозиційного щодо мережевого сигналу здійснюється видалення "завадних складових мережевого сигналу" із подальшим процесом реконструкцією вихідного мережевого сигналу, який є очищених від шуму і завади.

В основі запропонованого методу лежить спосіб застосування функцій порогу на базі яких здійснюється обмеження по рівню шляхом деталізації коефіцієнтів вейвлет-обробки.

Після задання певного порогу та «відсікання» коефіцієнтів нижче рівня заданого порогу, можна суттєво знизити потужність шуму. У відповідності до методики перетворення Вейвлет, коефіцієнти низькочастотної локалізації розкладання вейвлет мають більшу енергію мережевого сигналу, що робить їх актуальність щодо використання під час реконструкції. Коефіцієнти високочастотної локалізації розкладання вейвлет мають менший рівень енергії мережевого сигналу і є шумовими складовими сигналу на виході [48]. Отже, при фільтрації мережевого сигналу є актуальними відкидання деталізації коефіцієнтів розкладання вейвлет, які отримано на початкових етапах декомпозиції мережевого сигналу.

Етапами методу обробки мережевого сигналу є:

1. Пряме вейвлет-обробка мережевого сигналу з обраними типом материнської функції вейвлет та кількості рівнів;
2. Зміна обчислених значень коефіцієнтів вейвлет-обробка у відповідності до конкретного алгоритму обробки;
2. Зворотна вейвлет-обробка від змінених коефіцієнтів вейвлет.

#### 4. Процедура детектування корисного мережевого сигналу у каналах зв'язку.

На рис. 1.8 відображено структуру процесу декомпозиції мережевого сигналу, яка містить процедури обробки мережевого сигналу фільтрами високочастотними і низькочастотними та децимаційні процедури ( $H(n)$  – ІХ ВЧ фільтра;  $G(n)$  - ІХ НЧ фільтра;  $D$  - деталізація коефіцієнтів вейвлет;  $C$  - коефіцієнти апроксимації вейвлет), а також залежності варіації мережевого сигналу від параметру часів на різних стадіях оброблення.

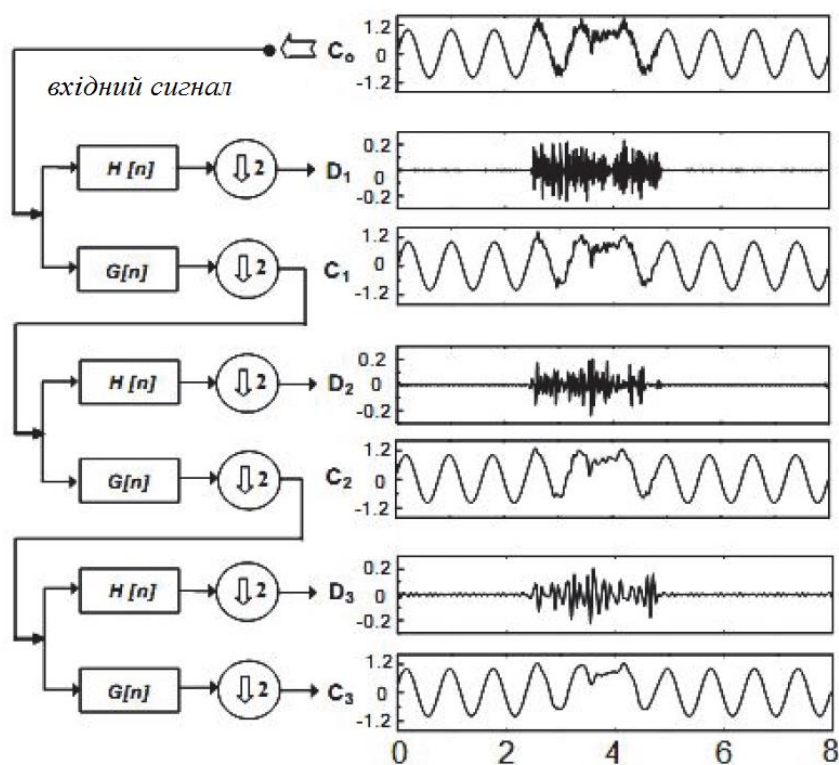


Рис. 1.8. Структура обробки мережевого сигналу під час декомпозиційного процесу

На рис. 1.9 відображено схему оброблення мережного сигналу при використанні перетворення вейвлет. На початку оброблення проводиться процедура декомпозиції вхідного мережевого сигналу з подальшою деталізацією коефіцієнтів, які обчислено на початковому рівні. Ці коефіцієнти прирівнюються до нульових значень. Далі здійснюється порогове оброблення з подальшою процедурою реконструкцією мережевого сигналу, яка складається з процедур інтерполяційного і оберненого перетворення вейвлет.

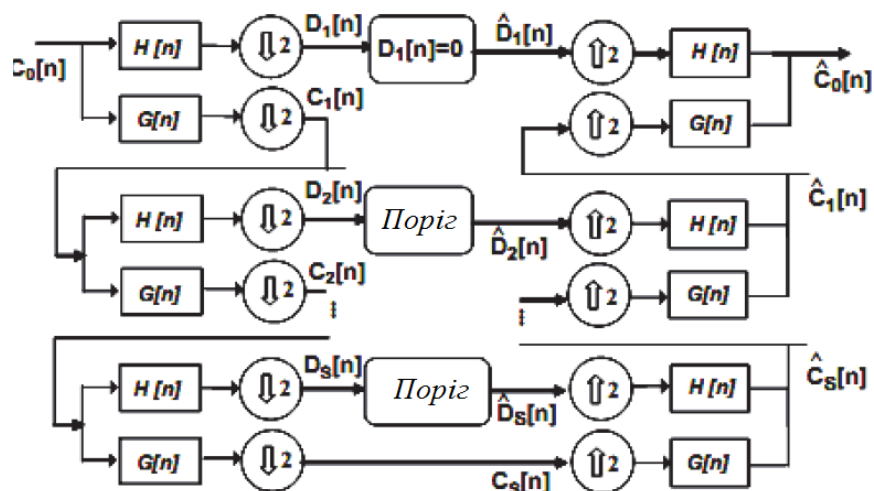


Рис. 1.9. Схема оброблення мережевого сигналу із використанням вейвлет

Рис. 1.10 ілюструє фільтрацію мережевих сигналів із використанням алгоритму вейвлет.

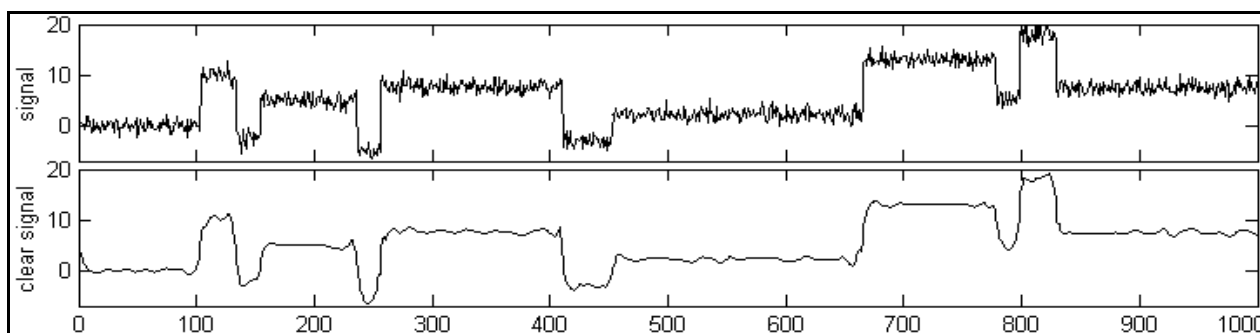


Рис. 1.10. Фільтрація мережевих сигналів із використанням вейвлет [52]

Якісні показники фільтрації мережевого сигналу залежать від вибору значень рівня порогу у відповідності до виразу:

$$T = p\sqrt{2\ln(N)}, \quad (1.7)$$

де  $T$  – значення порогу;

$N$  – загальне число відліків мережевого сигналу,

$p$  -медіана.

Альтернативою оброблення мережевого сигналу є частотна фільтрація на базі усереднюючого фільтру[32]:

$$A(n) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x(n-j), \quad (1.8)$$

де  $N$  – порядкове число фільтра,  $x(n)$  - вхідний мережевий сигнал,  $A(n)$  – сигнал після фільтрації.

Використання усереднюючого фільтра забезпечує згладжування сигналу на виході, ліквідацію помилок після процедури квантування, ліквідацію шумів високочастотного характеру у структурі мережевого сигналу. Параметри такого фільтра цілком залежать від його порядку  $N$  та значення частоти дискретизації мережевого сигналу.

Для детектування мережевого корисного сигналу застосовується пристрій порогового детектування, на вхід якого поступає попередньо відфільтрований мережевий сигнал.

Пороговий детектор містить у своїй структурі пороговий пристрій та детектор максимумів. Пороговий пристрій здійснює формування ковзних вікон часовою тривалістю 2 сек. з подальшим визначенням для кожного значення порогу ( $L$ ) як медіани мережевого сигналу  $X(n)$  в діапазоні конкретного вікна. На вході детектора максимумів подаються лише мережеві сигнали, які виконують умову:  $X(n) > L$ .

Кількісним показником працездатності детектуючих методів при наявності завод слугує параметр чутливості детектування параметричних точок (детектор максимумів) мережевого сигналу. Детектуюча чутливість ( $X$ ) обчислюється як відносна частка коректного детектування параметричних точок ( $D+$ ) до загальної кількості параметричних точок ( $P$ ) у мережевому сигналі.

Отже, використання фільтра усереднення є актуальним для комп'ютерних систем портативного типу при оперативному моніторинзі мережевого сигналу в реальному часі, а застосування вейвлет-обробки є доцільним при реалізації детектування мережевого сигналу в режимі не реального часу з певними затримками.

1.2.3. Кореляція сигналу. Обов'язковою складовою блоку детектування у МО є наявність корелятора, що дає змогу сформувати максимально-можливе відношення сигнал/шум на його виході при наявності його входу сигналу у виді суми шуму білого та корисного мережевого сигналу.

При такому типі завади оптимальний детектор, який формує максимум відношення сигналу до шуму є корелятором. Такий корелятор має вигляд наближеної до згортки:

$$v(t) = \int_0^T s(T-\tau)\xi(t-\tau)d\tau, \quad (1.9)$$

де  $s(t)$  – опорний сигнал,  $\xi(t)$  – мережевий сигнал,  $T$  – час, який відводиться на спостереження,  $\tau$  – час затримки мережевого сигналу.

Вираз (1.9) поданому у дискретною формою:

$$v_{uj} = \delta \sum_{i=0}^{L-1} S_{L-1} \xi_{u,k-i}, \quad (1.10)$$

де відповідні вибірки:

$$v_{uj} = v_u(j\delta), \quad \xi_{uj} = \xi_u(j\delta), \quad S_j = S(j\delta). \quad (1.11)$$

На рис.1.11 відображено функціональну схему кореляційного детектора сигналів на фоні завад відповідно до виразу (1.9).



Рис.1.11. Схема кореляційного детектування мережевих сигналів на фоні завад

При детектуванні на основі корелятора у випадку імпульсу сигнал (одного біту) на виході з кореляційного детектора матиме вигляд рівнобедреного трикутника довжини  $2\tau_{и}$  та амплітуди  $2E/N$ . Максимальне відношення сигналу до шуму сформоване в певний момент часовий для імпульсного сигналу, коли  $\tau < \tau_0$  та за умови  $\tau > \tau_0$ .

### 1.3. Висновки до розділу 1

Відомі методи детектування сигналів у мережах безпроводного характеру на фоні завад вимагають великого числа реалізацій корисного сигналу, що негативно впливає на показники завантаженості мережевого обладнання та приросту числа впливу факторів дестабілізуючого характеру.

Алгоритми фільтрації сигналів та усереднення із процедурою розпізнавання та відкиданням реалізацій аномального типу у складі комп'ютеризованих засобів дає змогу детектувати корисну складову передаючого сигналу в мережі за при певній кількості повторів передачі.

Оскільки існуючі методи вимагають мінімальної тривалості передачі-прийому сигналів, тому розробка методу та алгоритму фільтрації, які дадуть змогу під час однієї передачі даних в мережі без повторних передач із підвищеними показниками достовірності детектувати корисний сигнал на ФЗ є актуальною задачею.

## РОЗДІЛ 2

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
ДЕТЕКТУВАННЯ СИГНАЛІВ

## 2.1. Математична модель сигналів у мережевих каналах зв'язку

При розробці мережі (рис.2.1) канал передачі є ланкою, у якій джерела сигналів та блоки є узгодженими.

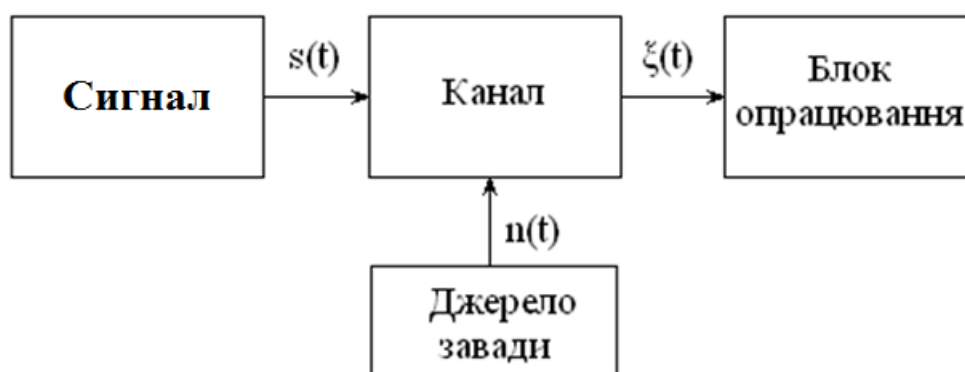


Рис. 2.1. Загальний принцип проектування мережі передачі сигналів

Канали передачі сигналів у мережі класифікують по ряду ознак – за використанням лінії (металічні, мідні, алюмінієві та безпроводні) та за смугою частоти (низькочастотні та високочастотні).

Для порівняння різних способів побудови комп'ютерних систем передачі сигналів та прогнозування їх параметрів без випробувань передусім необхідно використовувати різноманітні характеристики каналів. Детальний опис каналу передачі сигналу в мережі дає змогу здійснити розрахунки або провести оцінювання будь-яких його параметрів здійснюється за допомогою моделі каналу. Модель складається характеризує лише окремі параметри, які є необхідними для певних випадків. Загальними вимогами до побудови моделі є зручність застосування та точність. В умовах складності реальних мережевих каналів вище наведені вимоги є суперечливими при розробці математичної моделі.



Математична модель реального мережевого каналу зводиться до задачі побудови математичної моделі сигналів на вході/виході каналу мережі і мережевими зв'язками із сигналами. Зв'язок між сигналами на виході  $\xi(t)$  та вході  $s(t)$  можливо задати деяким системним оператором:

$$\xi(t) = L\{s(t)\}. \quad (2.1)$$

При описі каналу мережевого, варто задати область існування  $V_X$  простору функціонального або областю допустимих дій. Ця область дає змогу описати характер неперервних, дискретних, цифрових детермінованих або випадкових сигналів на вході мережі. Аналогічним чином необхідно визначити область у  $V$  сигналів на виході мережі.

Математична модель каналу мережі має вигляд сукупності оператора системного і областей  $L$  сигналів  $V_X$  та  $V_Y$ . Класифікацію мережевих каналів доцільно здійснювати на підставі властивостей їх моделей математичних. Система буде стаціонарною, якщо вона матиме відгук на своєму виході, коли на її вхід буде подано мережевий сигнал. Системи стаціонарного типу зберігають сталі параметрами в часовому просторі. Якщо параметри системи є залежними від часу поступлення на її вхід мережевого сигналу, то така система буде нестаціонарною або системою із параметрами, які є варіативними.

Система детектування буде нелінійною, якщо її оператор задовольняє принципи суперпозиції:

$$\left. \begin{aligned} L[x_1 + x_2] &= L[x_1] + L[x_2] \\ L[\alpha x] &= \varepsilon L[x] \end{aligned} \right\}, \quad (2.2)$$

де  $\alpha$  – будь-яке число

У випадку не виконання умови (2.2) система детектування буде нелінійною.

В загальному випадку усі канали зв'язку та її компоненти і ланки є нелінійними. Проте є випадки коли велике число каналів досить точно описують моделями лінійного типу. Наведемо опис моделі сигналів у каналах лінійного типу у вигляді каналу з адитивною складовою як зображено на рис. 2.2.

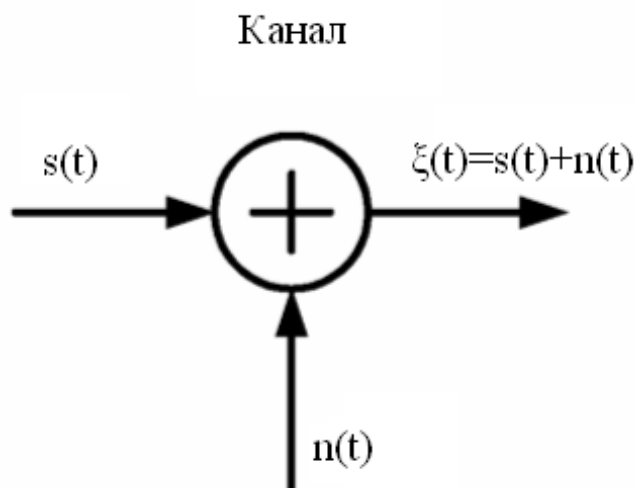


Рис. 2.2. Модель сигналу в каналах мережевих лінійного типу

У моделі (рис.2.2) мережевий сигнал  $s(t)$  є схильним до впливу тільки шумового процесу  $n(t)$  адитивного типу. Зі сторони фізики такий шум породжується від зовнішніх електрозавад, радіокомпонентів та підсилювачів системи і інших.

У випадку породження шуму компонентами МО та підсилювачами то такий шум доцільно описати шумом Гауса. Така модель названа каналом з шумом Гауса адитивного типу і може бути використана для багатьох класів каналів мережевого зв'язку, а також є простою щодо її математичної інтерпретації. Ця модель є найбільш поширеною при описі каналів мережевих при обробці та синтезі системи, яка обмінюється даними в мережі.

## 2.2. Математична модель завади у мережевих каналах зв'язку

Шум Гауса як математична модель завади у мережевих каналах зв'язку є

стаціонарним процесом  $n(i\Delta t)$  для якого автокореляція має вигляд дельта-функції Дірака, а спектр густини потужності є незалежними від значень частоти та має сталі показники  $W(f) = \sigma^2$  дисперсії  $n(i\Delta t)$ . Тобто шум гауса як завада у мережевих каналах зв'язку має нескінчену енергію. З такими параметрами завади забезпечується простота розробки алгоритмів фільтрації мережевих сигналів із метою їх детектування в комп'ютерних мережах.

Більшість завад в комп'ютерних мережах та інших розглядають у вигляді шуму білого за умови ефективної ширини спектру мережевого сигналу  $B_s$  меншої від ширини спектру шумів  $B_n$ , а щільність спектру є малозмінною в діапазоні існування мережевого сигналу.

У випадку коли тривалість частотного діапазону мережевого сигналу є рівною  $0-B$  спектральна щільність завади має опис виразом:

$$W_n(f) = \sigma^2, 0 \leq f \leq B; W_n = 0, f > B, \quad (2.3)$$

а її кореляція описується у вигляді виразу:

$$R_n(\tau) = \sigma^2 B \sin(2\pi B \tau) / 2\pi B \tau. \quad (2.4)$$

На рис.2.3 наглядно відображено вигляд кореляції шуму білого заданого в частотному діапазоні  $0-B$ . На цьому рисунку видно, що з обмеженнями частотного діапазону у заваді проявляється деяка кореляція її значень, і при меншій довжині діапазону існування завади є характерною наявністю більшої кореляції.

Тобто деяке обмеження завади в частотному діапазоні є тотожне процедурі частотного фільтрування шуму білого з задаю смугою пропускання в діапазоні частот.

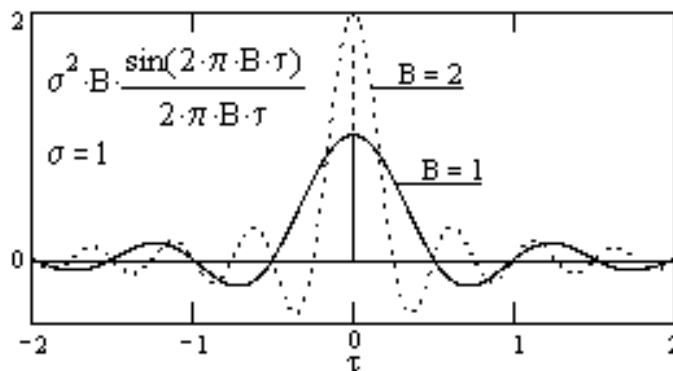


Рис. 2.2. Функції кореляційні шуму типу білого в частотному діапазоні від 0 до  $B$

Модель шуму білого з дискретними відліками  $n(i\Delta t)$  формується як стохастична в часі за часом значенням амплітуди дельта послідовності у вигляді імпульсів  $\delta(k\Delta t)$  з амплітудами стохастичними  $a_k$ :

$$n(i\Delta t) = \sum_{k=1}^N a_k \delta(i\Delta t - k\Delta t), \quad (2.8)$$

Така сукупність імпульсів є пуассоновими, яка характеризується некореляцією імпульсів та значення потужності яких в частотному діапазоні є рівномірно розміщені:

$$W_n(\omega) = c^2 = N\sigma_a^2,$$

де  $N$  – загальна кількість імпульсів,  $\sigma_a^2$  – дисперсія амплітудних значень імпульсів.

### 2.3. Критерій оптимальної фільтрації як методу детектування сигналу

У практичних ситуаціях при обробці мережевих сигналів застосовують три базових критерії щодо побудови алгоритмів фільтрації:

- мінімум СКВ фільтрованого мережевого сигналу від його реального апріорного значення;

- формування максимуму відношення сигналу до шуму;
- формування максимуму відношення потужності/енергій сигналу до шуму на виході фільтру.

При синтезуванні фільтру застосовано адитивний тип моделі вхідного мережевого сигналу:  $\xi(i\Delta t) = s(i\Delta t) + n(i\Delta t)$ . Синтезування оптимального фільтру здійснюється з максимально використаною апріорно відомою інформацією про мережевий корисний сигнал, які підлягає детектуванню, та про шум. У більшості випадків застосовується інформаційне повідомлення про механізм природи корисного мережевого сигналу та завади, їх частотний склад, кореляційні параметри. Присутність певних характерних особливостей в параметрах мережевого сигналу та завади дає змогу розробити фільтр з оптимальними параметрами. У випадку відсутності таких передумов формулювання задачі є не коректною.

2.3.1. Середнє квадратичне відхилення. Максимально вірогідне детектування корисного мережевого сигналу у випадку наявності завади є не можливим. Результатом фільтрування:

$$y(k) = h(n) \otimes x(k - n), \quad (2.9)$$

різниться від  $s(k)$  на числові показники  $\varepsilon(k) = y(k) - s(k)$ , які є дійсними величинами похибки детектування корисних складових мережевого сигналу. Якісний показник фільтрування обчислюється як середнє значення виразом:

$$\overline{e^2} = \overline{[y(k) - s(k)]^2}. \quad (2.10)$$

В більшості завданнях обробка мережевих сигналів не є обов'язковими відновлювати вихідну форму корисного мережевого сигналу  $s(k)$  тому, що при подальшій його обробці відбувається трансформування мережевого сигналу  $s(k)$  в деякий інформативний сигнал  $z(k)$ , який за формою є більш зручнішим при

детектуванні. При такій ситуації оптимальна фільтрація може орієнтуватися безпосередньо на формування (отримання) мережевого сигналу на його виході  $z(k)$ . Якісні показники такої фільтрації як формулює оцінюється як середнє значення величини  $\varepsilon(k)$  отримання корисних складових мережевого сигналу необхідної форми:

$$\bar{e}^2 = \overline{[y(k) - z(k)]^2}. \quad (2.11)$$

Вирази (2.10) та (2.11) забезпечують визначення числового значення  $h(k)$  фільтру оптимального при використанні критерія мінімуму СКВ мережевого сигналу на виході від його реальної або апріорно заданої форми.

2.3.2. Амплітудне відношення сигналу до шуму. При детектуванні мережі корисного мережевого сигналу на факт присутності відомого корисного сигналу за формою для розроблення фільтру застосовують критерій максимуму відношення сигналу до шуму на виході за результатом фільтрації:

$$\rho_a = \frac{y_{ekc}}{\sigma}, \quad (2.12)$$

де  $y_{ekc}$  - крайові числові значення амплітуди мережевого сигналу,  $\sigma$  - СКВ значень амплітуд завади. За умови відсутності у мережевому сигналі чітко виділений максимум, а сигнал є широко локалізований у часі, тоді в якості критерію використовують відношення середніх квадратів мережевого сигналу та завади.

$$\bar{c}^2 = \overline{y^2} / \overline{y^2}$$

де  $\overline{y^2}$  - значення середнього квадрату амплітуди мережевого сигналу.

2.3.3. Енергетичне відношення сигналу до шуму. У випадку вузької локалізації завдання детектування мережевого сигналу рівень спотворення корисної складової сигналу є не обмеженою. При необхідності оцінювання не тільки факту присутності корисного мережевого сигналу, а і визначення його структури при розробці алгоритму фільтрації використовують критерії пікового відношення сигналу до шуму:

$$\rho = \frac{E_s}{E_n}, \quad (2.13)$$

де  $E_s$  і  $E_n$  - значення енергій мережевого сигналу і завади, які формує фільтр.

2.3.4. Вибір критерію. При врахованні специфічності кожного з наведених вище критеріїв та сформульованої задачі дослідження, встановлено, що найбільш ефективним критерієм при розробці фільтру з оптимальними параметрами буде пікове відношення сигналу до шуму. Такий вибір обґрунтовується фактом детектування наявності корисного мережевого сигналу на фоні завад, що є необхідним для подальшого коректного оцінювання показників мережевого сигналу.

## 2.4. Узгоджена фільтрація сигналів на фоні завад

Узгоджена фільтрація забезпечує процес детектування мережевого сигналу на факт наявності його корисної складової (корисного сигналу) апріорно відомої структури на фоні завад.

Процес фільтрування вимагає факту фіксації присутності корисного мережевого сигналу у вхідному потоці числових даних за умови його присутності та без зберігання його часової структури. Структура корисного мережевого сигналу є апріорно відома. Для ефективного процесу детектування мережевого сигналу узгоджений фільтр має забезпечувати формування пікової амплітуди сигналу на

своєму виході на рівні амплітуд завади з дотримання умови критерію пікового відношення сигналу до завади

2.4.1. Аналогова фільтрація. Нехай на вхід засобу лінійної фільтрації з ІХ або КЧХ здійснюється вплив суми корисного сигналу скінченного в часі та стаціонарного шуму з апріорно відомою спектральною густиною:

$$\xi(t) = s(t) + n(t), \quad s(t) \neq 0 \text{ при } 0 \leq t \leq T. \quad (2.14)$$

Буде отримано засіб оптимальної лінійної фільтрації, який формує на своєму виході пікове відношення значення мережевого сигналу до СКВ шуму.

Корисний мережевий сигнал, який формує на своєму виході фільтр через позначимо як  $\tilde{s}(t)$ , а заваду як  $n(t)$ . Є відомим такий факт, коли на вхід системи лінійного типу з КЧХ  $K(j\omega)$  здійснюється вплив на мережевий сигнал  $s(t)$  з комплексним спектром:

$$S(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \exp(-j\omega t) dt, \quad (2.15)$$

то комплексна частотна характеристика корисного мережевого сигналу, яка формується на виході самої системи буде визначатися як добуток  $S(j\omega) \cdot K(j\omega)$ , а сигнал на виході визначається через вираз:

$$\tilde{s}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) K(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega, \quad (2.16)$$

Спектральна щільність шуму, яку формує фільтр на своєму виході, буде рівною  $S_n(\omega) \cdot |K(j\omega)|^2$  з дисперсією:



$$D = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_n(\omega) |K(j\omega)|^2 d\omega. \quad (2.17)$$

З урахуванням виразів (2.16) та (2.17) одержано вираз для обчислення відношень сигналу до шуму за значеннями потужності як вихідний сигнал на виході фільтру в момент деякого часу  $t_0$ :

$$Q = \frac{|\tilde{s}(t_0)|^2}{D} = \frac{1}{2\pi} \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} S_n(j\omega) K(j\omega) \exp(j\omega t_0) d\omega \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} S_n(\omega) |K(j\omega)|^2 d\omega}. \quad (2.18)$$

Необхідно визначити функцію  $K(j\omega)$  для якої відношення (2.18) в момент часу  $t_0$  буде сягати піку. Ця задача вирішується способом варіаційного обчислення або із використанням нерівності Бундовського-Шварца такого вигляду:

$$\frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} f^*(\omega) g(\omega) d\omega \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} |g(\omega)|^2 d\omega} \leq \int_{-\infty}^{\infty} |f(\omega)|^2 d\omega.$$

Будемо вважати, що

$$f^*(\omega) = S(j\omega) \exp(j\omega t_0) / \sqrt{2\pi S_n(\omega)}, \quad g(\omega) = K(j\omega) \sqrt{S_n(\omega)},$$

Тоді отримаємо:

$$Q = \frac{1}{2\pi} \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) K(j\omega) \exp(j\omega t_0) d\omega \right|^2}{\int_{-\infty}^{\infty} S_n(\omega) |K(j\omega)|^2 d\omega} \leq \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|S(\omega)|^2}{S_n(\omega)} d\omega. \quad (2.19)$$

Отже, значення пікового відношення сигналу до шуму буде визначено правою частиною цього виразу, а саме:

$$Q = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|S(j\omega)|^2}{S_n(\omega)} d\omega. \quad (2.20)$$

Отримане значення буде досягнуте у випадку виконання такої умови:

$$K(j\omega)\sqrt{S_n(\omega)} = c_0 S^*(j\omega) \exp(-j\omega t_0) / \sqrt{2\pi S_n(\omega)},$$

або

$$K(j\omega) = c_0 [S^*(j\omega) / S_n(\omega)] \exp(-j\omega t_0), \quad (2.21)$$

де  $t_0$  – часовий момент, в який досягається пікове відношення;

$c$  – постійна складова;

Якщо є відома КЧХ фільтру (2.13), то по відомим виразом не складно знайти його ІХ. Таким чином, КЧХ оптимального фільтру можна визначити виразом (2.13), а пікове відношення сигналу до шуму за допомогою виразу (2.12).

Також необхідно відзначити у виразі (2.12) при ручній зміні спектрів сигналу  $S(j\omega)$  та завади  $S_n(\omega)$  можна за певних умов (сталість енергетичних параметрів сигналів та інші), що висуваються до системи, визначити найоптимальнішу спектральну форму сигналу при максимальному  $Q$  і найоптимальнішу спектральну щільність завади мінімізованому  $Q$ .

Розглянемо оптимальну фільтрацію, при якій в якості завади виступає шум типу білого, а тип фільтрації є узгодженою. В такому випадку, фільтр узгодженого типу є лінійним фільтром, який на своєму виході формує пікове відношення сигналу до шуму з апріорно відомою структурою корисного сигналу на ФЗ типу білий шум.

Використаємо отримані вирази (2.12) та (2.13) для такого випадку. Попередньо у вирази закладемо  $S_n(\omega) = N/2$ , тоді:

$$Q = \frac{2E}{N_0}, \quad (2.22)$$

$$K_0(j\omega) = cS^*(j\omega)\exp(-j\omega t_0), \quad (2.23)$$

де  $E$  – енергія мережевого сигналу;

$c$  – постійна складова, яка відповідає за рівень підсилення фільтру:

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} s^2(t)dt = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega. \quad (2.24)$$

Спектр сигналу на вході і КЧХ фільтру зображено виразами:

$$S(j\omega) = |S(j\omega)|\exp(j\varphi_s(\omega)), \quad K(j\omega) = |K_0(j\omega)|\exp(j\varphi_s(\omega)). \quad (2.25)$$

Для фільтру типу узгодженого з виразу (2.15) одержано:

$$|K_0(j\omega)| = k|S(j\omega)|, \quad \varphi(\omega) = -(\varphi_s(\omega) + \omega t_0). \quad (2.26)$$

АЧХ фільтру типу узгодженого пропорційна АЧХ сигналу на вході (АЧХ є «узгодженою» із спектром корисного сигналу), а ФЧХ рівна сумі ФЧХ корисного сигналу протилежного за знаком та з фазовою затримкою ( $-\omega t_0$ ).

Підстановка виразу частотної характеристики (2.15) у вираз (2.8) одержано вираз сигналу на виході фільтру типу узгодженого:

$$\begin{aligned} \tilde{s}(t) &= \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 \exp[j\omega(t - t_0)] d\omega = \\ &= \frac{K}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 \cos \omega(t - t_0) d\omega. \end{aligned} \quad (2.27)$$

Сигнал на виході фільтру типу узгодженого повністю визначається тільки АЧХ сигналу на вході і не є залежним від його ФЧХ. Таке твердження обґрунтовується тим, що фазові зміщення частотних складових сигналу на вході  $\varphi_s(\omega)$  повністю компенсуються ФЧХ фільтру. Усі частотні складові в один і той же момент часу  $t = t_0$  сягають значень амплітуди і у своїй сукупності формують пік сигналу на виході:

$$\tilde{s}_{\max}(t_0) = \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |S(j\omega)|^2 d\omega = kE. \quad (2.28)$$

ФЧХ фільтру може бути довільною, а АЧХ має мати подання виду:

$$|\tilde{K}(j\omega)| = \tilde{k} / \sqrt{S_n(\omega)}, \quad (2.29)$$

де  $\tilde{k}$  – деяка постійна.

З виходу обіляючого фільтру завада трансформується у вигляд білого шуму з постійною спектральною щільністю  $S_n(\omega)\tilde{K}(j\omega) = \tilde{k}^2 = const$ , а спектр мережевого сигналу стане  $\tilde{S}(j\omega) = \tilde{k}S(j\omega) / \sqrt{S_n(\omega)}$ .

На основі виразу (2.15) отримано КЧХ фільтру типу узгодженого:

$$K_0(j\omega) = cS^*(j\omega)\exp(-j\omega t_0) / \sqrt{S_n(\omega)}.$$

Оптимальна фільтрація являє собою послідовне з'єднання двох типів фільтрів: узгодженого  $K_0(j\omega)$  та обіляючого  $\tilde{K}(j\omega)$ . КЧХ такого фільтра  $K(j\omega) = \tilde{K}(j\omega)K_0(j\omega)$  визначається з виразу (2.21). Використання допустимої свободи при виборі ФЧХ підходить фізичної можливим.

ІХ фільтра типу узгодженого (2.23) обчислюється з виразу:

$$\begin{aligned}
 h_0(t) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} K_0(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega = \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S^*(j\omega) \exp[j\omega(t-t_0)] d\omega = \\
 &= \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S^*(-j\omega) \exp[j\omega(t-t_0)] d\omega = \frac{c}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) \exp[j\omega(t-t_0)] d\omega
 \end{aligned}$$

Із урахуванням виразу для сигналу на вході вхідного:

$$s(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(j\omega) \exp(j\omega t) d\omega,$$

Отриманий вираз ІХ фільтра типу узгодженого:

$$h_0(t) = cs(t_0 - t). \quad (2.30)$$

Отже, ІХ фільтру типу узгодженого повністю визначається структурою корисного сигналу. Повноцінний сигнал на виході фільтру типу узгодженого є визначений через інтеграл згортки:

$$\eta(t) = \int_0^t h(t_0 - t + u) \xi(u) du = c \int_0^t s(t_0 - t + u) \xi(u) du, \quad (2.31)$$

а його числові амплітуди в момент  $t = t_0 = \tau_n$ , який відповідає завершенню корисного імпульсу  $s(t)$  є рівними:

$$\eta(\tau_n) = c \int_0^{\tau_n} s(u) \xi(u) du. \quad (2.32)$$

Низькі за рівнем значення корисні складові імпульсного сигналу  $s(t)$ , які є в  $\xi(t)$ , ослабляють ваговим коефіцієнтами  $s(u)$  і, навпаки, високі рівні корисного сигналу підсилюються цим коефіцієнтом:

Також варто відзначимо, що серед низки фільтр узгодженого серед гама лінійних фільтрів забезпечує одержання на своєму виході пікове відношення значення мережевого сигналу до СКВ шуму, яке дорівнює  $\sqrt{2E/N_0}$  і не є залежним від структури сигналу.

2.4.2. Цифрова фільтрація. У практичних ситуацій найбільшого використання набувають цифрові фільтри (ЦФ) узгодженого типу, а не аналогові. Періодично з заданим інтервалом часу із використанням дискретизатора відбираються відліки часу  $\xi(i\Delta t)$ , послідовність яких чинить вплив на вхід ЦФ:

$$\xi(i\Delta t) = s(i\Delta t) + n(i\Delta t) \text{ або } \xi_i = s_i + n_i, \quad i = \overline{0, m}, \quad i\Delta t \in [0, T]. \quad (2.33)$$

Структуру процесу детектування при використанні ЦФ типу узгодженого наведено рис.2.3.

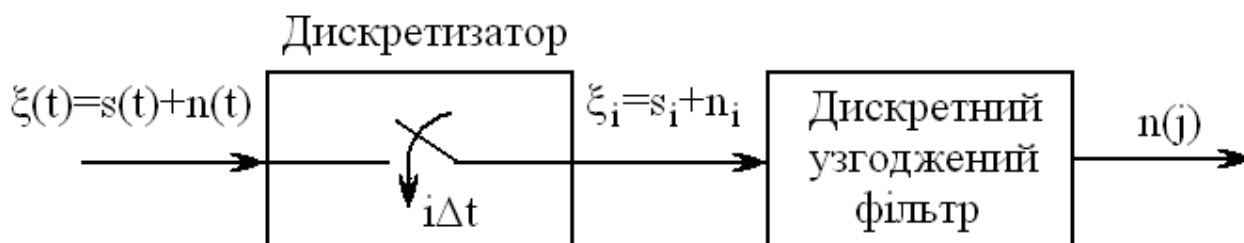


Рис. 2.3. Узгоджена цифрова фільтрація

При умові, що тривалість сигналу імпульсного типу  $s(t)$  є кінцевою та рівною  $\tau_M \leq T$ , а саме  $s(t) \neq 0$  при  $t \in [0, \tau_M]$ , повна кількість відліків часову мережевого сигналу, які відібрані через дискретний інтервал  $\Delta t$ ,  $N = [\tau_M / \Delta t]$ . Необхідно здійснити пошук дискретного лінійного узгодженого ЦФ для мережевого сигналу як послідовності (2.33), який дасть змогу сформуванню на своєму виході пікове відношення сигналу до шуму. Припустімо, що відбувається ідеалізоване стропування мережевого сигналу з відомими його початком та кінцем.

Оскільки в ЦФ застосовується інформація, яка зберігається тільки в окремих значеннях сигналу на вході, а не у всьому сигналі  $\xi(t)$ , тому є очевидним, що при однакових передньо сформованих умовах пікове відношення сигналу до шуму на виході ЦФ узгодженого типу є меншим, на відміну від виходу ідентичного АФ. Тобто, пікове відношення сигналу до шуму на виході АФ узгодженого типу є верхньою границею для співвідношення сигналу до шуму на виході такого ж ЦФ.

Сигнал на виході ЦФ узгодженого типу при ідеалізованому стропуванні є визначений з виразу:

$$\eta(j) = \sum_{i=0}^j h_i \xi_i, \quad j = \overline{0, N}, \quad (2.34)$$

де  $h_i$  – ІФ, яку необхідно визначити.

Відношення сигналу до шуму на виході ЦФ визначається з виразу:

$$q = \left( M \{ \eta(N) | n = 0 \} - M \{ \eta(N) | s = 0 \} \right)^2 \left( D \{ \eta(N) | s = 0 \} \right)^{-1}, \quad (2.35)$$

де  $M \{ \eta(N) | n = 0 \}$  – усереднення сигналу на виході, яке пов'язане тільки послідовністю корисного мережевого сигналу  $s(t)$  на вході:

$(D \{ \eta(m) | s = 0 \})$  – дисперсія сигналу на виході за умови  $s_i = 0, i = \overline{0, N}$ .

Для визначення  $q$  потрібно знати величини  $s_i$  і  $n_i$ . Прийнято величини  $s_i$  детермінованими, а  $n_i, i = \overline{0, N}$  прийнято стохастичними (величини  $n_i$  мають нульові середні з ідентичними дисперсіями  $D_1 = M \{ n_i^2 \}, i = \overline{0, N}$ ).

При заваді гаусівській з кінцевим інтервалом кореляції  $\tau_k$ , має виконуватися умови  $\Delta > \tau_k$  та  $N < \tau_n / \tau_k$ . При вказаних умовах, отримаємо:

$$q \leq \left( \sum_{i=0}^N h_i s_i \right)^2 / D_1 \sum_{i=0}^N h_i^2. \quad (2.36)$$

Використання нерівності Коші формує новий вираз  $q \leq \sum_{i=0}^N s_i^2 / D_1$ . При

$$h_i = cs_i, \quad (2.37)$$

відношення сигналу до шуму сягає пікового відношення:

$$q_{\max} = \frac{E_0}{D_1}, \quad E_0 = \sum_{i=1}^N s_i^2. \quad (2.38)$$

де  $E_0$  - енергія сигналу дискретного.

Підстановка коефіцієнтів  $h_i$  з виразу (2.37) у вираз (2.38) дає змогу одержати структуру ЦФ узгодженого типу:

$$\eta(j) = c \sum_{i=1}^j s(i\Delta t) \xi(i\Delta t), \quad j = \overline{0, N}. \quad (2.39)$$

Якщо при  $c = |s_{\max}|^{-1}$ , де  $s_{\max} = \max\{s_i, i = \overline{0, N}\}$ , а саме ввести нормовочні коефіцієнти  $v_i = s_i |s_{\max}|^{-1}$ , тоді

$$\eta(j) = \sum_{i=1}^j v_i \xi_i, \quad j = \overline{0, N}, \quad |v| \leq 1. \quad (2.40)$$

Структуру ЦФ узгодженого типу наведено на рис.2.4.



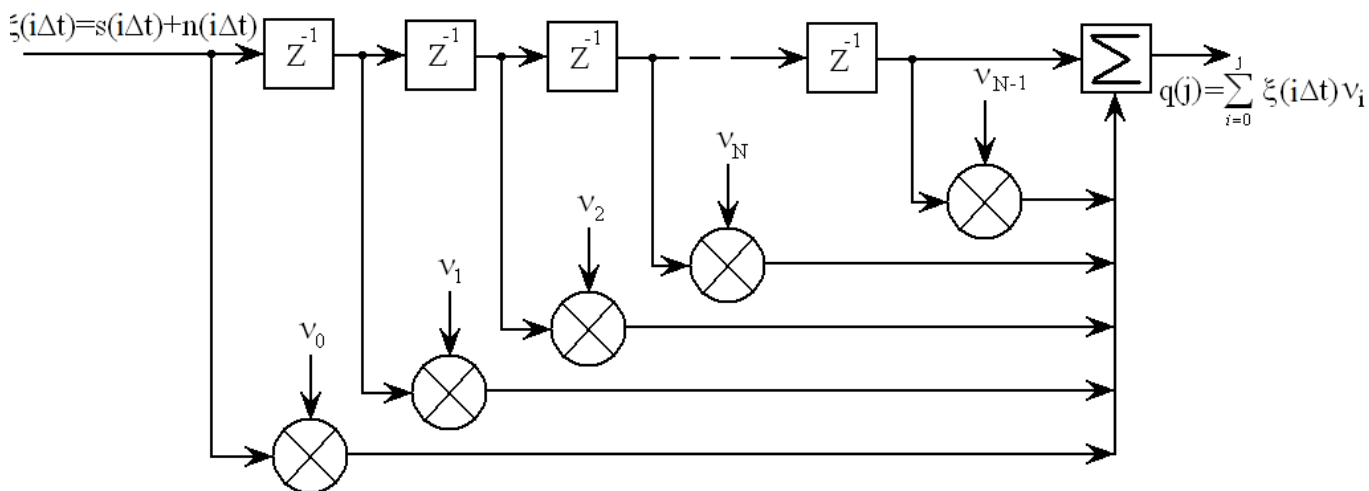


Рис. 2.4. Структура ЦФ узгодженого типу

Пікове відношення сигналу до шуму також є можливо обчислити іншими двома способами: 1) подача вхідних відліків сигналу (2.34) на АФ узгодженого типу (2.33); 2) подачею сигналу аналогового типу на ЦФ узгодженого типу.

Дискретизуюча вхідна дія виразу (2.33) має вигляд:

$$\xi(i\Delta t) = \xi(t) \sum_{k=0}^j \delta(t - k\Delta t), \quad i = \left[ \frac{t}{\Delta t} \right], \quad j = \overline{0, N}$$

де  $\delta(x)$  є функцією-дельта. В такому випадку сигнал на виході АФ узгодженого типу з ІХ  $h_0(t) = cs(\tau_M - t)$  в момент відліку  $t_i = i\Delta t$  є рівним:

$$\begin{aligned} \eta(i\Delta t) &= \int_0^{i\Delta t} h_0(i\Delta t - \tau) \xi(\tau) d\tau = c \int_0^{i\Delta t} s(\tau_M - i\Delta t + \tau) \xi(\tau) \sum_{k=0}^i \delta(\tau - k\Delta t) d\tau = \\ &= c \sum_{k=0}^i s(\tau_M - i\Delta t + k\Delta t) \xi(k\Delta t). \end{aligned}$$

Звідси випливає, що при  $j = N$  і  $\tau_M \approx N\Delta t$  отримаємо:

$$\eta(N\Delta t) \approx c \sum_{i=0}^N s(i\Delta t) \xi(i\Delta t)$$

Оскільки вираз є збіжним з виразом (2.39) при  $j = N$ , тому відношення сигналу до шуму так як у виразі (2.39) є тотожним. Можна переконатися, що ідентичний результат можна отримати, коли розглядати аналоговий вплив  $\xi(t)$  на узгоджений ЦФ з ІХ:

$$h(i\Delta t) = h_0(t) \sum_{k=0}^i \delta(t - k\Delta t) = cs_0(\tau_M - t) \sum_{k=0}^i \delta(t - k\Delta t), \quad j = \overline{0, N}$$

Необхідно знати, що відліки часу у вигляді вхідної послідовності  $\xi_i = \xi(i\Delta t)$  та корисний сигнал  $s_i = s(i\Delta t)$  повинні відбиратися в синхронному режимі, тобто в один і той момент часу  $t_i = i\Delta t$ .

АФ і ЦФ узгоджених типів було одержано при кількох вихідних наперед сформованих умовах, які є не тотожними. Для першого випадку завада  $n(t)$  є білою гаусовою з нескінченною дисперсією, а для другого часові відліки є незалежними величинами мають скінчену дисперсію.

У випадку гаусового шуму виникає суперечність, яка пов'язана з нескінченною дисперсією, формально вирішується операцією згладжування вхідної послідовності. В якості відліків часу необхідно брати не значення сигналу в конкретний момент часу, а використовувати середні значення:

$$\xi_i = \xi(i\Delta t) = \frac{1}{\Delta t} \int_{(i-1)\Delta t}^{i\Delta t} \xi(t) dt, \quad s_i = \frac{1}{\Delta t} \int_{(i-1)\Delta t}^{i\Delta t} s(t) dt, \quad n_i = \frac{1}{\Delta t} \int_{(i-1)\Delta t}^{i\Delta t} n(t) dt. \quad (2.41)$$

При малому значенні  $\Delta t$  найімовірніше виникне велике значення похибки. В такому випадку значення дисперсії відліків завади є кінцевою та дорівнює  $N/2\Delta t$ .

Процедура усереднення у виразі (2.41) вимагає включення до складу засобу дискретизації операції інтегрування з можливістю скиду, що суттєво робить схему ЦФ складнішою.

Використовуючи попередньо сформольовану методику до фільтру типу узгодженого з затримуючими ланками, коефіцієнти  $a_i$  можна визначити із використанням рівняння алгебри:

$$\sum_{i=0}^N a_i R_n(j\Delta t - i\Delta t) = s(N\Delta t - j\Delta t), \quad j = \overline{0, N}, \quad (2.42)$$

а пікове відношення сигналу до шуму буде рівним:

$$q_{\max} = \left[ \sum_{i=0}^N a_i s(N\Delta t - i\Delta t) \right]^{1/2}. \quad (2.43)$$

При обраному часовому кроці  $\Delta t$  для сигналу  $s(t)$  та шуму  $n(t)$  із апріорною кореляцією  $R_n(\tau)$  із використанням виразів (2.19), (2.20), (2.30) та (2.36) є можливість визначення програшу по відношенню сигналу до шуму при цифровій обробці по відношенню до аналогової.

Під час реалізації ЦФ узгоджено типу комп'ютерними засобами прямують до позбавлення операцій множення. В такій ситуації навзамін алгоритму (2.39) переважно використовують одну з модифікований операцій:

$$\eta(N) = c \sum_{i=1}^N \operatorname{sgn}(s_i) \xi_i, \quad \eta(N) = c \sum_{i=1}^N s_i \operatorname{sgn}(\xi_i), \quad \eta(N) = \sum_{i=1}^N \operatorname{sgn}(s_i) \operatorname{sgn}(\xi_i). \quad (2.44)$$

Використання таких оптимальних алгоритмів є пов'язано втратами у відношенні сигналу до шуму при порівнянні з виразом (2.38).

## 2.5. Алгоритмічне забезпечення детектування корисної складової сигналу

Для розробки алгоритму детектування сформульовано попередньо дві незалежні теоретичні гіпотези  $H_0$  і  $H_1$ . Теоретична гіпотеза  $H_0$  відповідає факту відсутності корисного сигналу  $s(i\Delta t)$ , а  $H_1$  - присутності сигналу  $s(i\Delta t)$ . По реалізації  $\xi(i\Delta t)$ ,  $i\Delta t \in [0, \Delta t N)$  необхідно здійснити процедуру прийняття рішення, а саме встановити яка з гіпотез є домінуючою.

Кінцеве рішення щодо присутності чи відсутності корисного сигналу у мережевому сигналу із урахуванням гіпотез  $H_0$  і  $H_1$  треба приймати на підставі порівняння сигналу з виходу фільтру типу узгодженого з деяким порогом  $h$  :

$$q = \frac{2}{N} \sum_{i=0}^j h(i\Delta t) \xi(i\Delta t) \begin{matrix} > \\ < \end{matrix} \begin{matrix} H_1 \\ H_0 \end{matrix} h, \quad j = \overline{0, N}. \quad (2.45)$$

де  $h(i\Delta t)$  - ІХ фільтру типу узгодженого в часовій області:

$$h(i\Delta t) = cs(i_{\max} \Delta t - i\Delta t), \quad (2.46)$$

або

$$h(i\Delta t) = \frac{c}{N} \sum_{\Delta\omega} K(j\omega) \exp(j\omega i\Delta t), \quad (2.47)$$

де  $K(j\omega)$  – комплексно-частотна характеристика фільтру узгодженого типу при фільтрованні сигналу  $s(i\Delta t)$ .

$c$  - підсилюючий коефіцієнт фільтру:

$$c = 1/|s_{\max}|; \quad (2.48)$$

де  $N$  - дискретна тривалість мережевого сигналу.

$i_{\max} \Delta t$  – часовий момент, коли відношення сигналу до СКВ шуму сягає піку.

Здатність детектування сигналу не буде ніяким чином заложитиме від структури самого сигналу, а буде лише визначатися піковим відношенням сигналу до шуму на виході фільтру узгодженого типу  $q$ , тобто відношенням енергії сигналу до спектральної щільності завади.

Структуру детектування корисного сигналу на фоні завад відображено на рис.2.5.



Рис. 2.5. Структура детектування корисного сигналу

Схему алгоритму загального характеру детектування корисного сигналу із використанням ЦФ узгодженого типу наведено на рис.2.6.

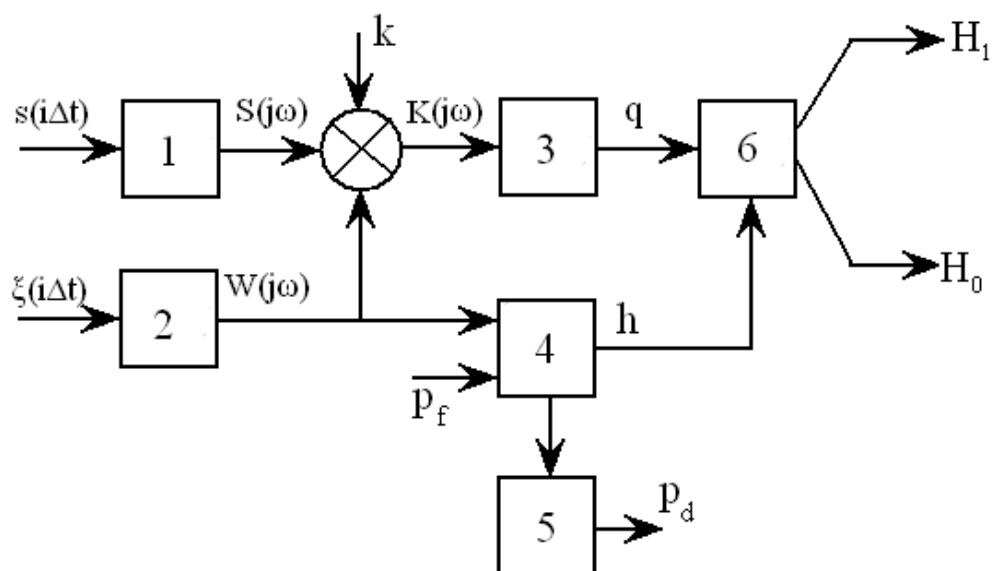


Рис. 2.6. Узагальнена схема алгоритму детектування корисного сигналу:

- 1-2 – обробка Фур'є; 3 – обчислення відношення сигналу до шуму,
- 4 – обчислення порогу  $h$ , 5 – обчислення значення достовірності прийнятих рішень;
- 6 – блок прийняття рішення

Від апіорно відомого корисного сигналу  $s(i\Delta t)$  та мережевого сигналу  $\xi(i\Delta t)$  здійснено обчислення комплексних спектрів  $S(j\omega)$  та  $W(j\omega)$  за із використанням Фур'є обробки (блок 1) та (блок 2). З виходу блоку (блок 1) сигнал подається на множник, який здійснює процедуру обчислення КЧХ ЦФ узгодженого типу  $K(j\omega) = s \cdot S(j\omega)$ . Через фільтр з КЧХ  $K(j\omega)$  пропускаємо мережевий сигнал  $\xi(i\Delta t)$  з метою формування пікового відношення сигналу до шуму  $q$  (блок 3). Отримане відношення  $q$  порівнюємо із порогом  $h$  (блок 4). Вхідними даними блоку 4 є показники ймовірностей помилки  $p_f$  та мережевий сигнал  $\xi(i\Delta t)$ . В результаті порівняння значень величин  $q$  на виході ЦФ узгодженого типу та порогу  $h$  прийнятого рішення факт присутності або відсутності у мережевому сигналі корисної складової (блок 6). Показник достовірності прийнятого рішення щодо факту детектування обчислюється блоком 5.

Блок 4 та 5 реалізовано із використанням критерію оптимальності Неймана-Пірсона, який повинен для спостережуваного сигналу  $s(i\Delta t)$  обчислювати відношення правдоподібності та здійснювати його порівняння з апіорним порогом приймання рішень  $h$  та формулювати висновки щодо присутності сигналу при перевищенні порогу  $h$  чи відсутності сигналу при не перевищенні порогу  $h$ .

У відповідності до критерію ймовірність помилки  $p_f$  обчислюються виразом:

$$p_f = \int_h^{\infty} p_0(q) dq = 1 - \Phi \left( \frac{h}{\sqrt{\frac{2E}{N}}} \right), \quad (2.49)$$

де  $E$  – енергія корисного сигналу;

$N$  – енергія завади;

$\Phi(x)$  – функція помилок,  $\Phi(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ .

Ймовірність правильного рішення (достовірність) обчислюється з виразу:

$$p_d = \int_h^{\infty} p_1(q) dq = 1 - \Phi \left( \frac{h}{\sqrt{\frac{2E}{N}}} - \sqrt{\frac{2E}{N}} \right). \quad (2.50)$$

Величина поругу  $h$  прийнятого рішення при заданих апіорних помилках  $p_f$  із урахуванням виразу (2.49) обчислюється виразом:

$$h = \sqrt{\frac{2E}{N_0}} \Phi^{-1}(1 - 2p_f) + \frac{E}{N_0}. \quad (2.51)$$

Блок-схему прийняття рішення із урахуванням виразів (2.49)-(2.50) в процесі детектування наведено на рис.2.7.

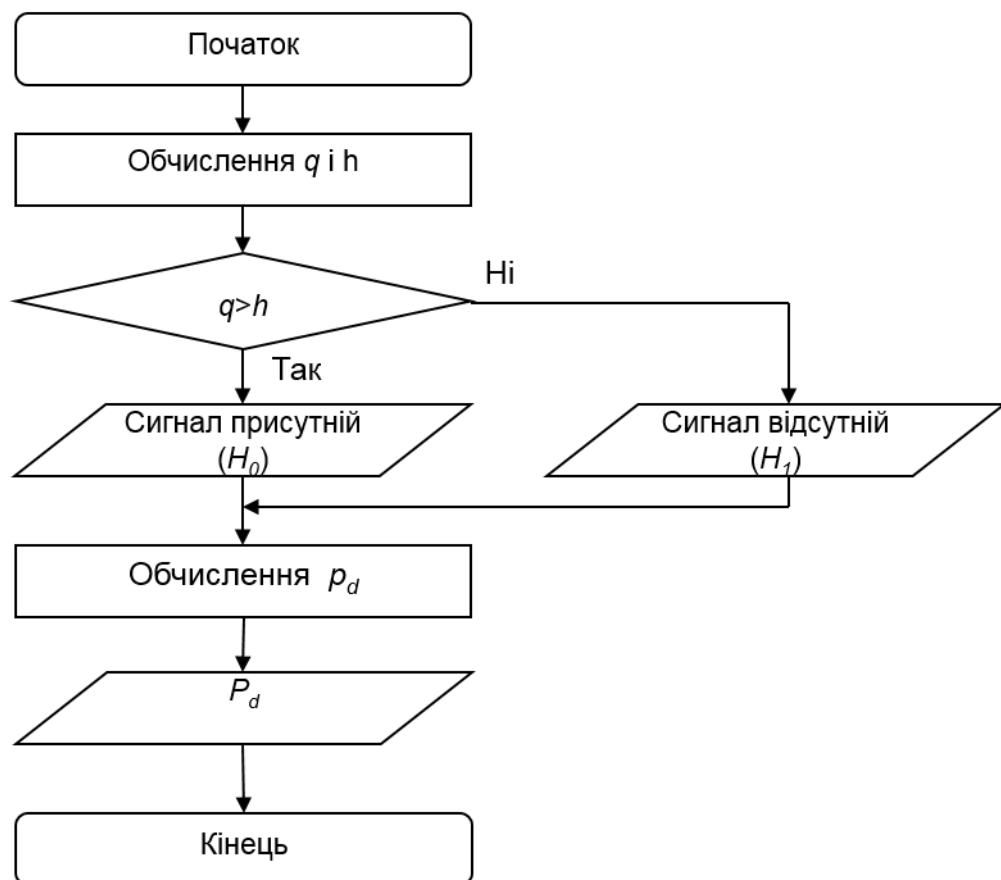


Рис. 2.7. Блок схема прийняття рішення при детектуванні сигналу

На базі розробленої загальної схеми оптимального детектування корисної складової сигналу на ФЗ із використання узгодженого цифрового фільтру у наступному розділі розроблено програмне забезпечення, яке реалізує процес детектування.

## 2.6. Висновки до розділу 2

У розділі обґрунтовано структуру математичної моделі мережевого сигналу при детектуванні корисної складової на фоні завад як суміш корисного сигналу та завади для розроблення відповідного методу та алгоритму детектування.

Наведено структуру детектування корисного сигналу на фоні завад із використання узгодженої цифрової фільтрації, який забезпечує формування на своєму виході максимуму відношення сигналу до СКВ завади  $\sqrt{2E/N_0}$  при цьому не залежачи від структури мережевого сигналу.

Із використання цифрової фільтрації узгодженої та критерію Неймана-Пірсона як засобу прийняття рішень розроблено структуру та алгоритм детектування корисної складової мережевого сигналу на фоні завад.



## РОЗДІЛ 3

### ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДЕТЕКТУВАННЯ СИГНАЛІВ

#### 3.1. Блок-схема програмної реалізації детектування сигналу

Блок-схему загальної програми комп'ютеризованого засобу для автоматизації детекції корисних складових мережевих сигналів на базі фільтрації узгодженого типу наведено на рис. 3.1.

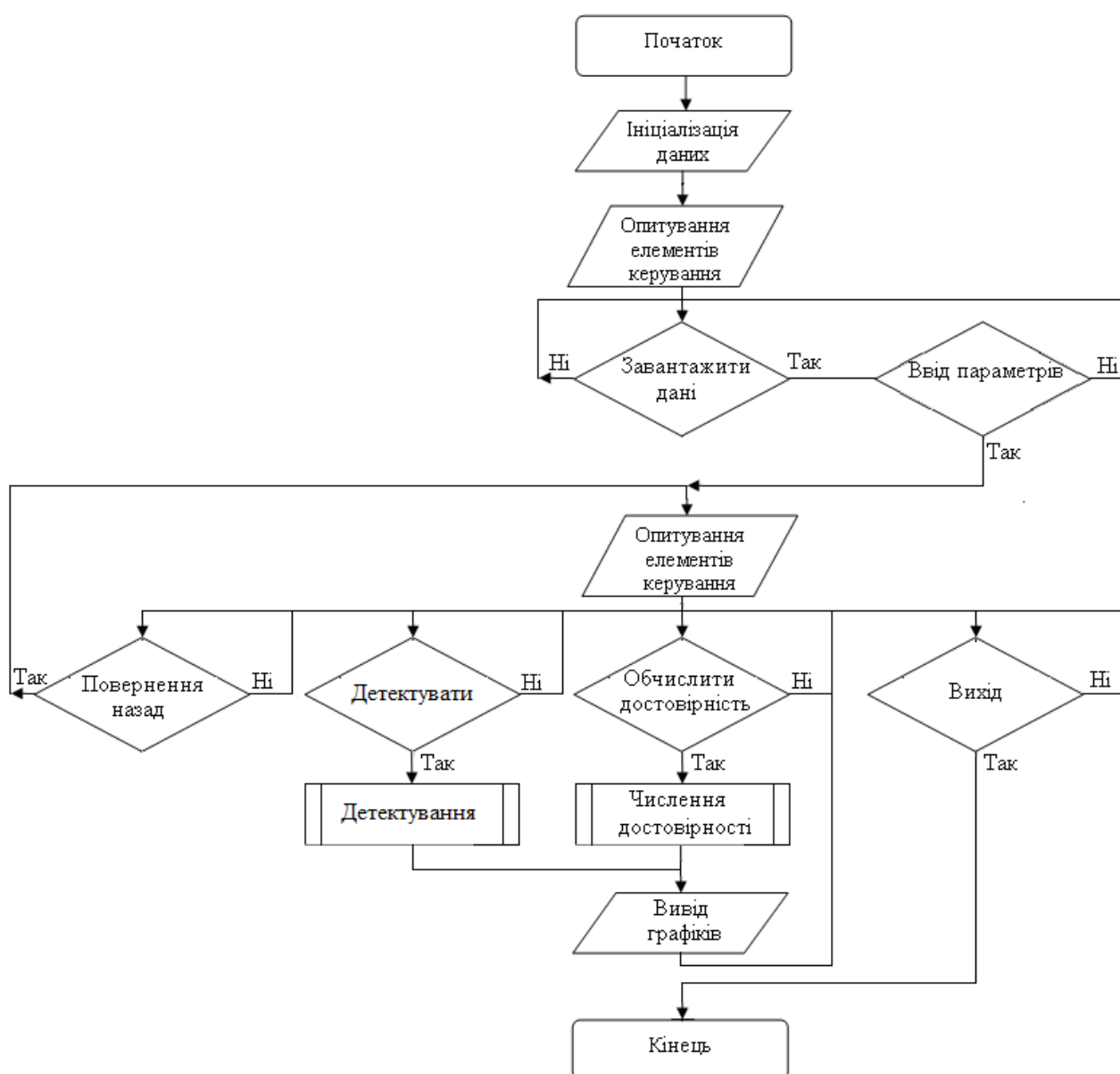


Рис. 3.1. Блок-схема програми комп'ютеризованого засобу для автоматизованого оперативного детектування корисної складової складової

Після запуску програми у відповідності до блок-схеми здійснюється процедура налаштування усіх параметрів комп'ютеризованого засобу з подальшим очікуванням запиту від користувача програми щодо завантаження даних мережевого сигналу та корисного сигналу для оцінювання процесу детектування. Після завантаження даних передбачено ввід параметрів частоти сигналу, частоти дискретизації. Після підтвердження вводу параметрів переходить до процедури автоматичного детектування, а саме визначає факт присутності корисної компоненти на фоні завад, ймовірність прийнятого рішення при різних помилках та відображає усі характеристики сигналів та цифрову фільтру як часовій так і частотній областях.

Із використанням розроблених блок-схем розроблено код ПЗ, забезпечує автоматизовано із використанням узгодженого ЦФ детектувати корисні складові у мережевому сигналі, що перебуває під впливом завад у каналах комп'ютерних мереж.

### 3.2. Програмна реалізація методу детектування сигналу

Застосувавши модуль GUIDE програми MATLAB програмно реалізовано детектор корисного сигналу у мережевому сигналі. В програмі передбачено додаткову розробку інтерфейсу з елементами керування.

Розробка програми з інтерфейсом здійснено в візуальному редакторі GUIDE з підтримкою Matlab команд. Запуску GUIDE здійснюється у командній стрічці командою GUIDE з подальшим її відображенням у вигляді вікна конструктора.

Використання елементів кнопок (pushbutton1-10), фрейму (uipanel1-2), елементів введення (edit1-6) та відображення текстової (text1-15) та графічної (axes1-4) інформації розроблено інтерфейс програми детектування корисної складової у мережевому сигналі, який відображено на рис.3.2.

Необхідність застосування фрейму uipanel1 обґрунтовується з метою групування однотипних елементів, які призначені виконувати певну частину програми. Елементи text1-4 та edit1-6 та відповідають за ввід/вивід параметрів

корисного (еталонного) та мережевого сигналів. Таким чином решту фреймів розділять програму, на його функціональні складові.

Застосування кнопки pushbutton1-6, pushbutton9-10 призначено для активації фрагментів програм, які реалізують обробку мережевого та корисного (еталонного) сигналів. Кнопка pushbutton7 активує код програми, який підтверджує ввід параметрів, а pushbutton8 – детектування еталонного сигналу у мережевому сигналі (сигнал на фоні завад). Елементи axes1-4 відповідають елементи графічні візуалізації відображення обчислених результатів обробки та детектування.

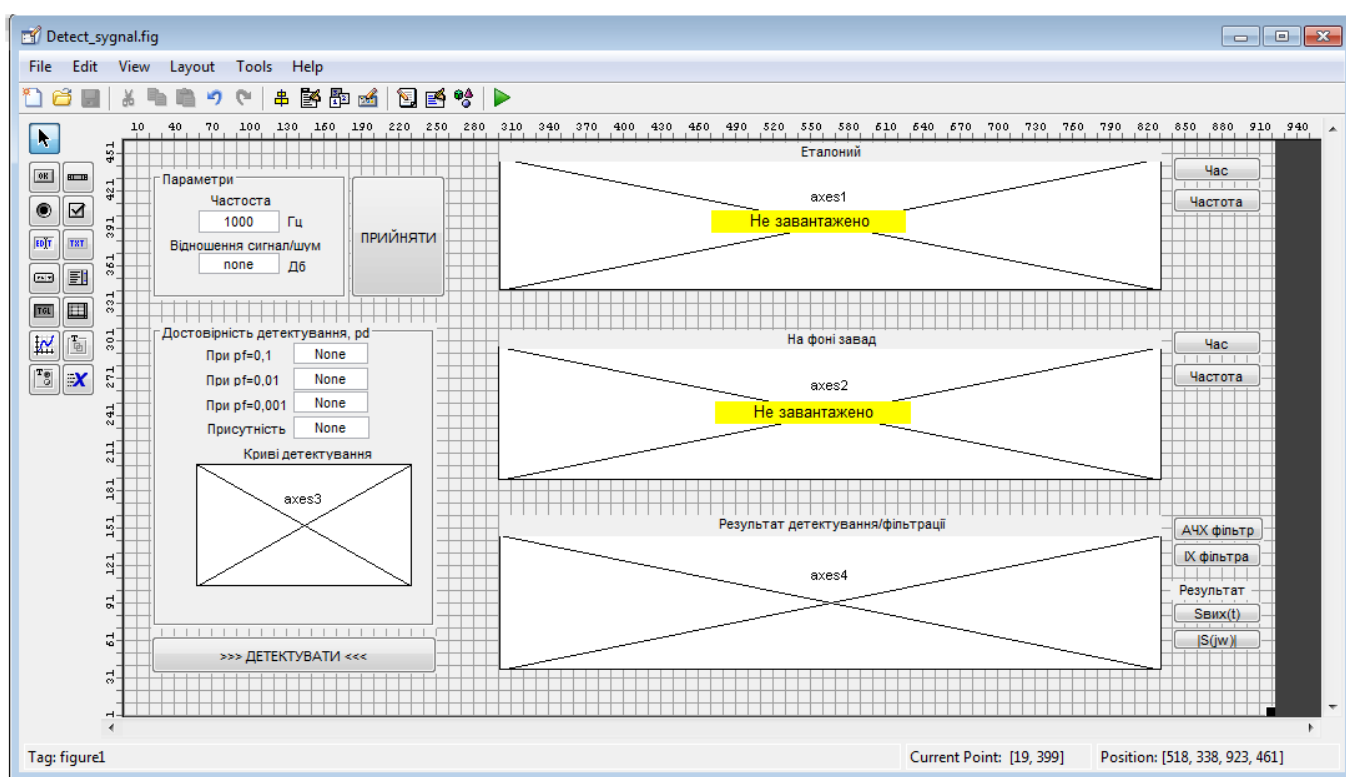



Рис. 3.2. Інтерфейс програми детектування

В програмі передбачено меню (рис.3.3), яке містить такі пункти:

- 1) Завантажити сигнал на фоні завад (ідентичне мережевому сигналу)
- 2) Завантажити еталонний сигнал (ідентичне корисному сигналу).
- 3) Вихід.

Процес завантаження мережевих сигналів виконується при виборі в меню „ Завантажити сигнал на фоні завод“, запускається програмний код функції function Untitled\_1\_Callback.

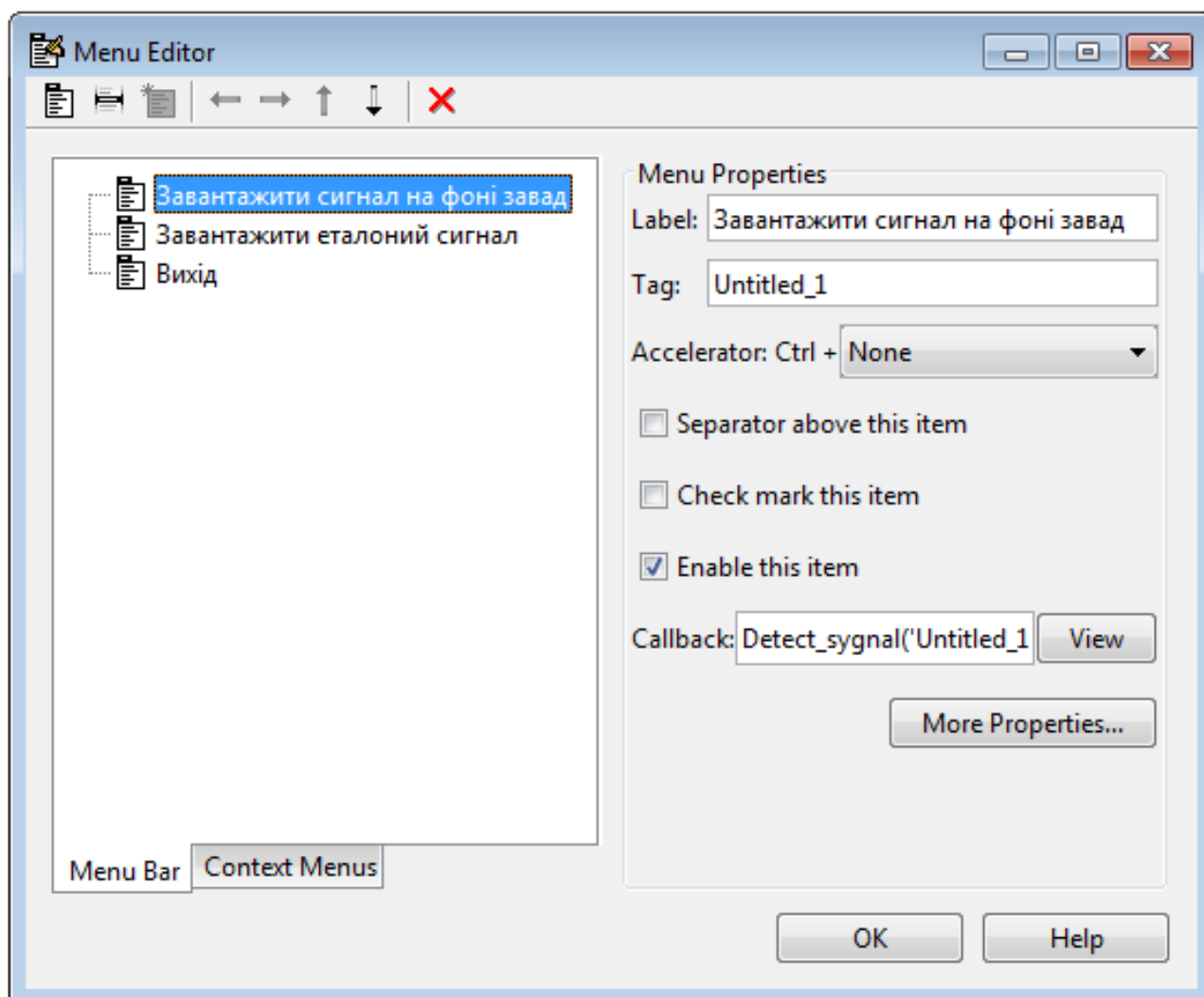


Рис. 3.3. Меню програми детектування

Ядром командного коду функції є команда `uigetfile(x,y)`, (x- файлове розширення масиву даних сигналу, y- назва вікна завантаження), яка повертає масив двох змінних з назвою файлу та місцем його локалізації на диску ПК:

```
[fil,pat] = uigetfile('*.txt';*.dat', 'Завантажити сигнал ....'); % Load сигнал
```

За умови, якщо загальна тривалість назви файлу завантаження більше або рівне 1 то відбувається процедура збереження шляху до місця локалізації файлу, а в іншому випадку ні:

```
% Перевірка довжини
if length(fil)>=1
% Шлях до файлу%
director=[pat fil];
end;
```

Для завантаження файлу з визначеним місцем локалізації використано команду load:

```
% Завантаження файлу
xxx=load(director);
```

Завантажені файли числових мережевого сигналу зберігаємо в глобальну загальнодоступну змінну із інших програмних функцій, а саме параметр userdata кнопки pushbutton1:

```
% Глобальне зберігання
set(pushbutton2,'userdata',xxx);
```

Введені користувачем параметри сигналу частоти дискретизації під string в елементі edit1 перезберігаються в змінну df, яка. З врахуванням того, що введене значення параметру чи текстового формату, а для обчислень необхідно мати числовий формат, тому здійснено процедуру трансформації форматів:

```
% Трансформація форматів
df=str2num(get(edit1,'string'));
```

Під масив  $t$  створюємо масив значень часових відліків за допомогою виразу  $t = \text{дискретний відлік} / df$  :

```
% Масив відліків часу
tx=(0:length(x)-1)/df;
```

Масив завантажених даних сигналів у залежності від відліків часу виводимо на графічний об'єкт `axes2` із застосуванням команди `plot(t,xxx)`, де `tx` - відліки часу, `xxx` - дані сигналу:

```
axes(handles.axes2);           % Вибір об'єкту графічного
plot(tx,xxx);                  % Графік сигналу
```

Здійснюємо процедуру завантаження корисного (еталонного) сигналу з подальшим його графічним відображенням на графіку:

```
[fil,pat] = uigetfile('*.txt;*.dat;', 'Завантажити еталонний сигнал'); % Еталонний
director=[pat file]; % Локалізація файлу
xx=load(director);
set(pushbutton1,'userdata',xx); % Збереження глобальне
df=str2num(get(edit1,'string')); % Трансформація формату
tx=(0:length(xx)-1)/df; % Відліки часу
axes(handles.axes1); % Вибір об'єкту графіку
plot(t,x); % Графік сигналу
```

Натиснення кнопки „ДЕТЕКТУВАТИ,, активує програмний код `function pushbutton8_Callback`, який здійснює завантаження еталонного та мережевого сигналів із глобального сховища `pushbutton1,'userdata'` та сховища `get(pushbutton2,'userdata')` в локальне сховище `sign1` і `sign2`.

```
sign1=get(pushbutton1,'userdata'); % Еталонний
sign2=get(pushbutton2,'userdata'); % Мережевий сигнал
```

При обробці сигналів висувається вимога щодо довжини сигналів sign1 і sign2, які мають бути ідентичними, тому нормуємо їх довжини відносно меншої спільної довжини:

```
% Нормування довжин сигналу мережевого
if length(sign1)<length(sign2) % менше значення тривалості
    sign2temp=sign2; sign2=0; % збереження меншого значення довжини
    sign2=sign2temp(1:length(sign2temp)); % нормувана тривалість
end;
% Нормування довжин сигналу корисного
if length(sign1)>length(sign2) % пошук меншої довжини
    sign2temp=s; sign1=0; % тимчасове збереження меншої довжини
    sign2=sign1temp(1:length(sign2)); % нормування довжини до меншого
end;
```

Фільтр здійснює формування пікового відношення сигналу до шуму із ІХ hfiltr:

```
% ІХ фільтру узгодженого типу
hfiltr=0; % Початкове значення ІХ
for i=0:(length(sign1)-1)
    hfiltr (i+1)=c*(s(length(sign1)-i)); % Формування ІХ
end;
```

Сформований вихідний сигнал з фільтра yout є ідентичним згортці з ядром добутку ІФ фільтра ufiltr адитивної суміші еталонного сигналу та завади sign2inv:

```
% Сигнал на виході фільтра
yout=zeros(length(sign1),1); % Початковий стан виходу фільтру
```

```

for jj=1:length(sign1)           % Цикл по еталонному сигналу
for ii=1:jj
    yout(jj)= yout(jj)+ hfiltr(ii)*sign2inv(ii); % Сигнал на виході
end;
end;

```

Пік значень сигналу з виходу фільтру рівний знанню потужності сигналу:

```

% Пікове числове значення на виході фільтру
E=max(yout);

```

Через операцію віднімання корисного сигналу від мережевого сигналу отримує заваду:

```

% Витягнення завади
noise=sign2-sign2;

```

При припущенні, що завада є гаусовим шумом, тому обчислимо значення його потужності через квадрат СКВ завади:

```

% Обчислення потужності завади
N0noise=sum(noise^2);

```

Відношення сигналу до шуму  $\text{SignNoiseR}$  обчислюємо через відношення значення потужності еталонного сигналу  $E$  до потужності завади  $N0\text{noise}$ :

```

% Відношення сигналу до шуму
SignNoiseR =E/N0noise;

```

Згідно критерію Неймана-Пірсона значення порогу  $h$  визначаємо у відповідності до апріорних значень помилки  $pf = [0,1;0,001;0,0001]$  з виразу (2.51):



```
% масив значень помилки
pf(1)=0.001; pf(2)=0.01; pf(3)=0.1;
% Значення порогів при різних помилках
h=sqrt(SignNoiseR)*erfc(1-2*pf);
```

Апріорні значення ( $pf = [0,1;0,001;0,0001]$ ) є регламентованими в теорії прийому/передачі сигналів.

Для обчислених значень порогів  $h$  та  $SignNoiseR$  обчислимо значення достовірності прийнятих рішень виразом (2.50) в процесі детектування:

```
% Достовірність
pd11=1-normpdf(((h(1)/ SignNoiseR)- SignNoiseR),0,1);      % При помилці 0,001
pd22=1-normpdf(((h(2)/ SignNoiseR)- SignNoiseR),0,1);      % При помилці 0,01
pd33=1-normpdf(((h(3)/ SignNoiseR)- SignNoiseR),0,1);      % При помилці 0,1
```

Відображаємо обчислені значення достовірності на екран користувачу:

```
% Відображення значень достовірності
set(edit4,'string',num2str(pd11));      % Відображення при помилці 0,001
set(edit5,'string',num2str(pd22));      % При помилці при помилці 0,01
set(edit6,'string',num2str(pd33));      % При помилці при помилці 0,1
```

Здійснюємо перевірку умови вибору гіпотези:  $H_1$  - сигнал є детектований при перевищенні порогу  $h$  на виході ЦФ;  $H_2$  – сигнал не є детектований при не перевищенні порогу  $h$  на виході ЦФ:

```
% Пошук факту перевищення порогу прийняття рішення
if max(yout)>h set(edit3,'string','так');      % Детектовано еталонний сигнал
else
```

```

set(edit3,'string','ні');           % Не детектовано еталонний сигнал
end;

```

Криві детектування реалізовано як залежності ймовірності  $pd$  детектування від відношень сигналу до шуму  $SignNiseR$  при різних помилках  $pf$ :

```

% Криві детектування
j=0; % Початкове значення
for SignNiseR1=1:0.01:SignNiseR *2
    j=j+1; % Крок зміни
    h(1)=sqrt(SignNoiseR1)*erffc(1-2*pf(1)); % Попіг 1
    h(2)=sqrt(SignNoiseR1)*erffc(1-2*pf(2)); % Попіг 2
    h(3)=sqrt(SignNoiseR1)*erffc(1-2*pf(3)); % Попіг 3
    pd11(j)=1-normpdf(((h(1)/ SignNiseR1)- SignNiseR1),0,1); % pd11
    Pd22(j)=1-normpdf(((h(2)/ SignNiseR1)- SignNiseR1),0,1); % pd22
    Pd33(j)=1-normpdf(((h(3)/ SignNiseR1)- SignNiseR1),0,1); % pd33
end;

```

Графічну залежність достовірності  $pd11$ -  $pd33$  від відношень сигналу до шуму  $SignNoiseR1$  відобразимо на елементі  $axes3$ :

```

axes(handles.axes3); % Вибір елементу для відображення
plot(logn(1:0.005:SignNiseR1*2), pd11) ; % Вивід залежності в логарифм. масштабі
hold on; % Накладає усі залежності на один графік
plot(logn(1: 0.005: SignNiseR1*2), pd22); % Вивід залежності pd
plot(logn(1: 0.005: SignNiseR1*2), pd33); % Вивід залежності pd
hold off; % Вимикаємо накладення

```

На екрані користувача передбачено вивід такої інформації:

- АЧХ сигналів при натисненні на кнопки `pushbutton4-5`;
- ІЧ та АЧХ ЦФ – `pushbutton2-3`;

- Сформований сигнал на виході ЦФ при натисненні на кнопку pushbutton9;
- АЧХ сигналу на виході ЦФ при натисненні на кнопку pushbutton10;

Увесь текст програмного коду приведено в додатку Б.

Розроблений код програми із інтерфейсом забезпечує автоматизований процес достовірного детектування корисних (еталонних) сигналів у мережевому сигналу, який піддається впливу завад.

### 3.3. Результати детектування сигналів на фоні завад

Застосовуючи розроблену програму із інтерфейсом здійснимо автоматизоване детектування сигналів у мережевих сигналах при різних впливах шумів, як це є характерним для каналів мережевих.

При першому запуску програми відображається вікно, яке зображено на рис. 3.4.

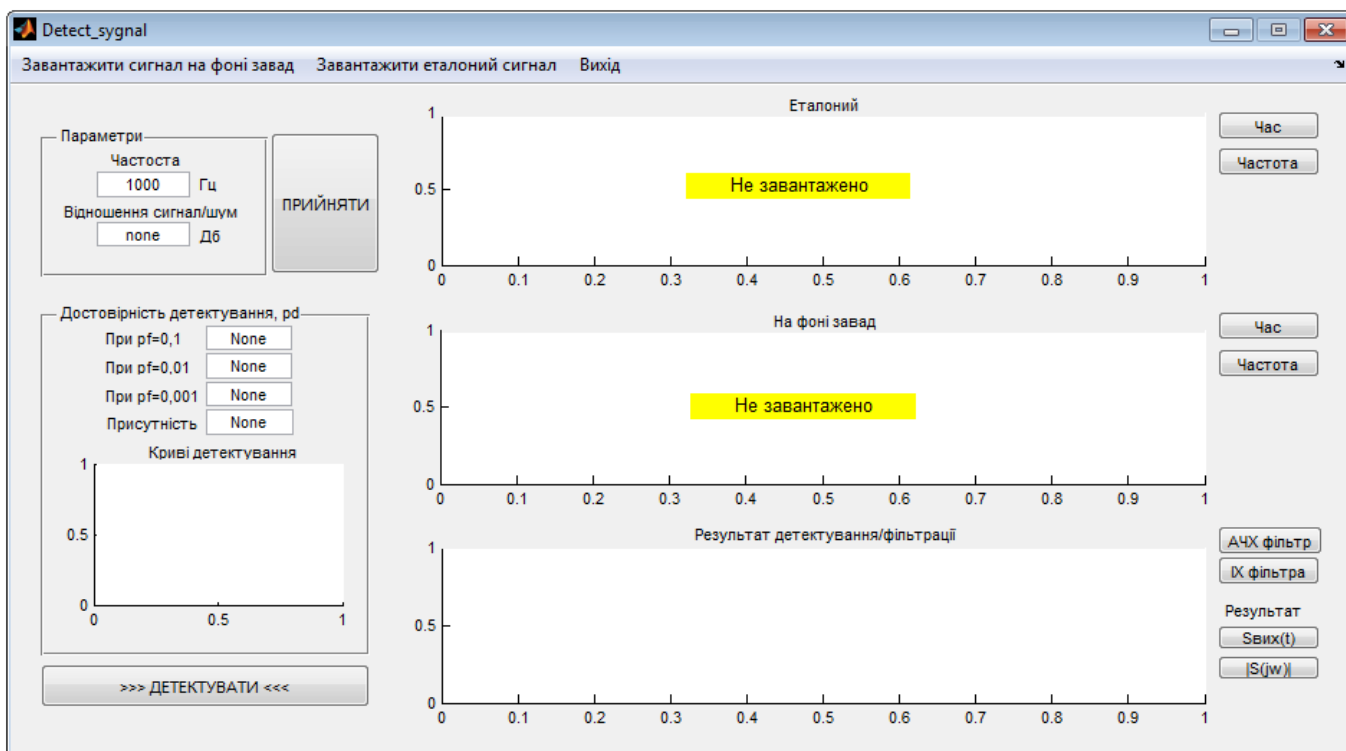


Рис. 3.4. Вікно програмного забезпечення детектування сигналів

Після вибору в меню опції завантаження еталонного сигналу відображається результат (рис.3.5).

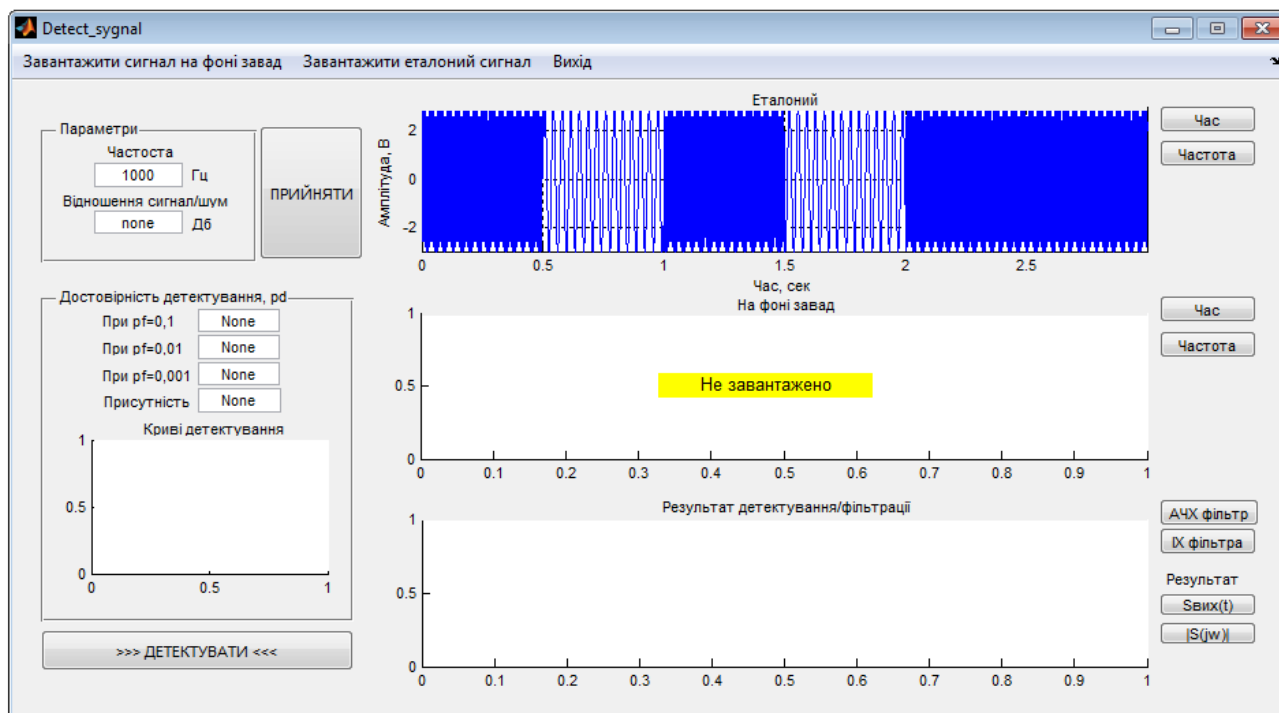


Рис. 3.5. Корисний сигнал у вікні програми

Після вибору в меню завантаження мережевого сигналу на фоні завад, отримано результат, який відображено на рис.3.6.

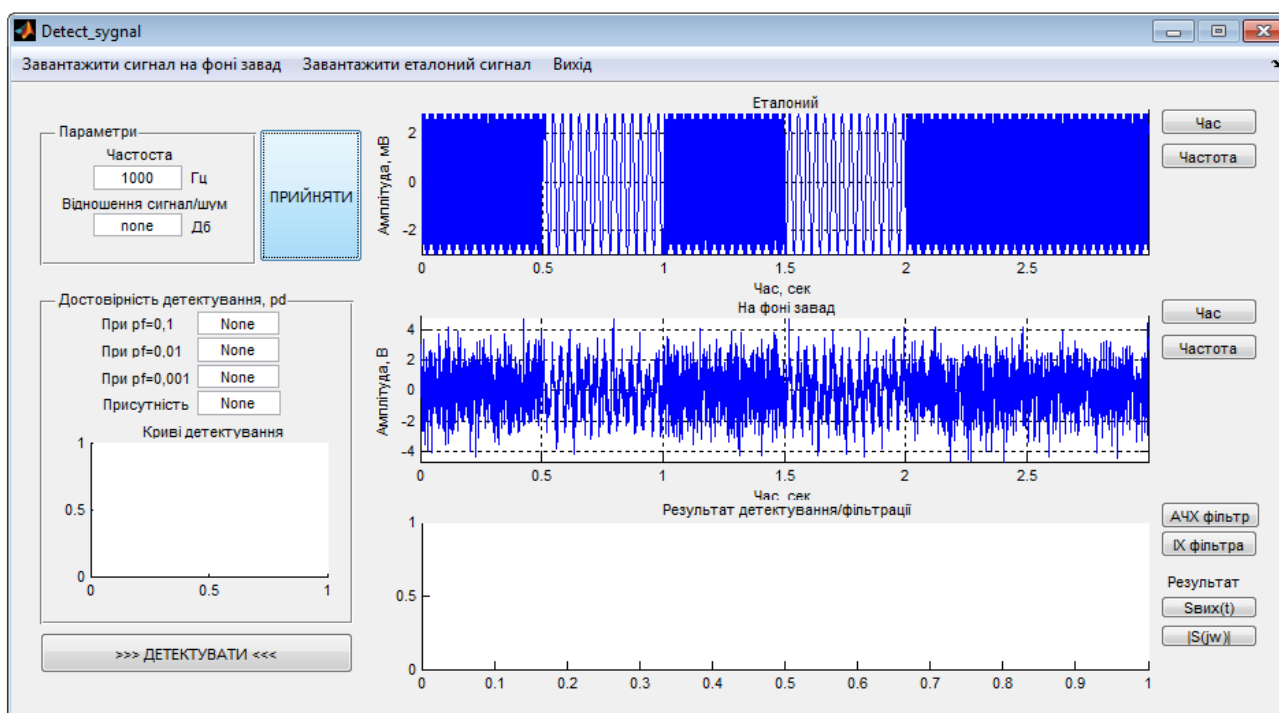


Рис. 3.6. Завантажені сигнали

Кнопка «Частота», яка міститься біля зони еталонного сигналу здійснюється оцінювання показників частоти сигналу (рис.3.7).



Рис.3.7. АЧХ корисного (еталонного) сигналу

Кнопка «Частота», яка є локалізована в зоні мережевого сигналу забезпечила обчислення АЧХ сигналу на фоні завад (рис.3.8).



Рис.3.8. АЧХ мережевого сигналу на фоні завад

Вигляд АЧХ та ІХ фільтру відображено на рис.3.9-3.10 (активує їх обчислення кнопки «ІХ фільтр» і «АЧХ фільтр»).



Рис.3.9. АЧХ фільтру

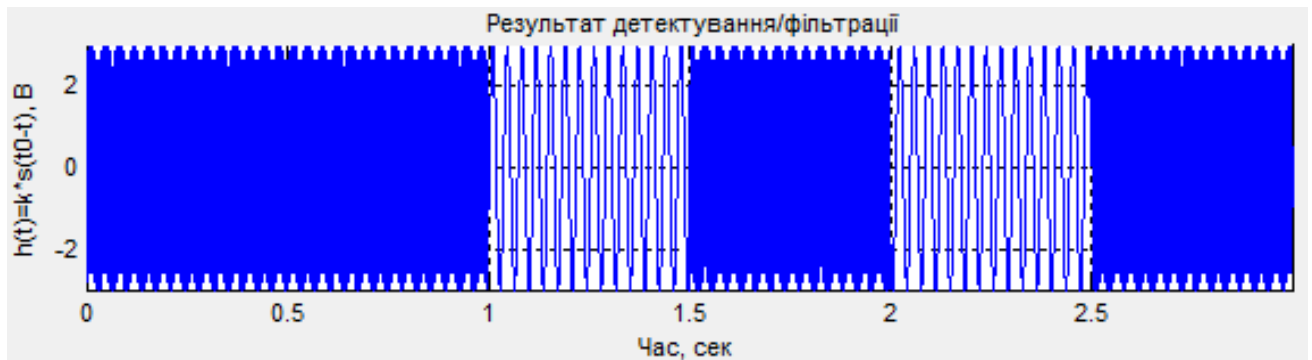


Рис. 3.10. ІХ фільтру

Сформований сигнал фільтром відображено на рис.3.11, а АЧХ сигналу – на рис.3.12.



Рис.3.11. Сформований сигнал фільтром на його виході



Рис.3.12. АЧХ сформованого сигналу фільтром на його виході

Обчислення факту детектування присутності еталонного сигналу у мережевому сигналі на фоні завад активується натисненням кнопки «ДЕТЕКТУВАТИ», результат якого відображено на рис.3.13.

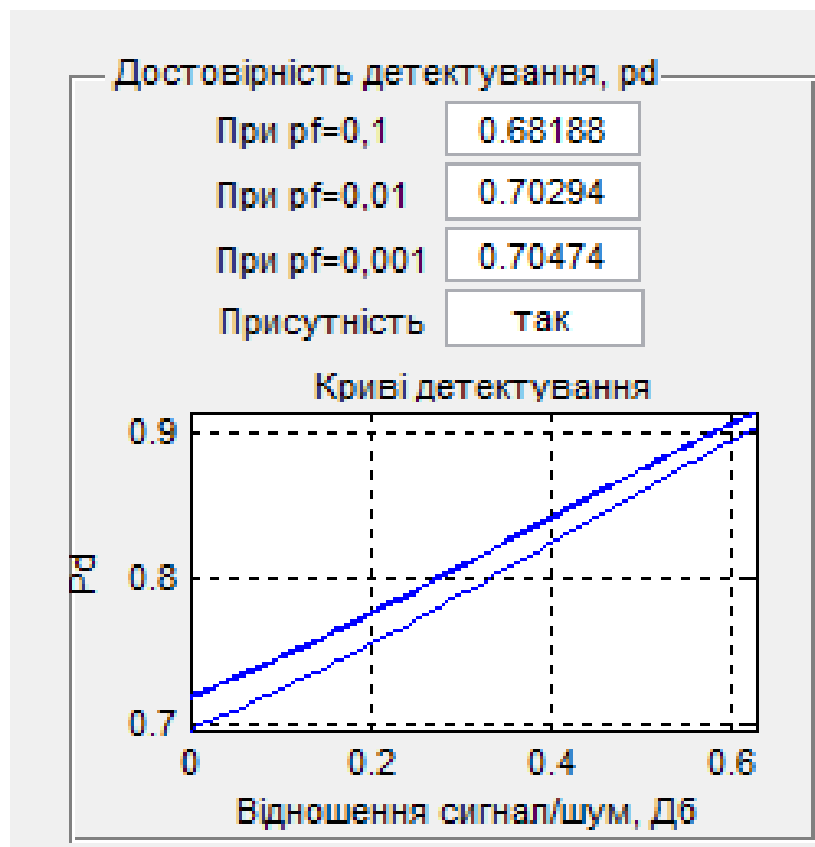


Рис. 3.13. Результат детектування корисного сигналу на фоні завади

Обчисленні результати, які наведено на рис.3.13, вказують на те, що корисний (еталонний) сигнал є присутнім у мережевому сигналі на фоні завад із ймовірностями (достовірностями) прийнятих рішень  $pd = [0,68188; 0,70294; 0,70474]$  при апріорно заданих помилках  $pf = [0,1; 0,001; 0,0001]$ .

### 3.4. Висновки до розділу 3

Розроблено комп'ютеризовану систему оптимального та достовірного детектування корисного сигналу у мережевому сигналу на ФЗ із використанням цифрової фільтрації узгодженого типу.

На базі програмного забезпечення Matlab та його додатку візуалізації GUIDE розроблено програму із інтерфейсом для користувачів, яка забезпечує процес автоматизованого корисних сигналів на ФЗ різної потужності.



## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 4.1. Охороні праці

Розробка програмного забезпечення комп'ютерного засобу детектування сигналів на фоні завад здійснювалась на ЕОМ, тому необхідно дотримуватися Державних санітарних правил і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин (ДСанПіН 3.3.2.007-98), які затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 р. №7 [37].

Розміщення робочих місць з ВДТ ЕОМ у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено. Площа не одне робоче місце має становити не менше ніж 6,0 м<sup>2</sup>, а об'єм не менше ніж 20,0 м<sup>3</sup>.

Приміщення для роботи з ВДТ повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до СНиП П-4-79, мають бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією відповідно до СНиП 2.04.05-91.

Для забезпечення безпеки та захисту здоров'я під час роботи з комп'ютерним засобом випромінювання від екранних пристроїв має бути зведене до гранично допустимого рівня (вплив на людину факторів довкілля - шуму, вібрації, забруднювачів, температури тощо, який не спричиняє соматичних або психічних розладів, а також змін стану здоров'я, працездатності, поведінки, що виходять за межі пристосувальних реакцій) відповідно до вимог безпеки та охорони здоров'я працівників.

Зокрема, при облаштуванні робочого місця необхідно обирати таке комп'ютерне устаткування, яке не створює зайвого шуму та не виділяє надлишкового тепла. Рівні шуму повинні відповідати вимогам Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037-99) [38], які затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01

грудня 1999 року № 37. Мікроклімат виробничого приміщення має підтримуватись на постійному рівні та відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99) [39], які затверджено постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42.

Організація робочого місця повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним, антропологічним, психофізіологічним вимогам, а також характеру виконуваних робіт. Освітлення - створювати відповідний контраст між екраном і навколишнім середовищем та відповідати вимогам ДСанПН 3.3.2.007-98 [40].

Програмне забезпечення комп'ютерного засобу розроблялось у такий спосіб, щоб у разі його застосування не було спричинено виникнення ризику для клінічного стану або безпеки споживачів чи для здоров'я і безпеки користувачів або інших осіб.

Програмне забезпечення розроблено відповідно до поточного рівня знань з урахуванням принципів циклу розробки, управління ризиками, валідації та перевірки.

Комп'ютерний заїб сконструйований таким чином, щоб мінімізувати ризики створення електромагнітних полів, які можуть погіршити роботу інших виробів або обладнання в звичайних умовах, а також, щоб уникнути ризиків випадкового ураження електричним струмом за умови належного використання, правильного встановлення, тобто має робочу ізоляцію і виконана таким чином, що підключити її до електричної мережі можна лише після під'єднання корпусу до заземлювача (нульового захисного провідника), а при від'єднанні від мережі - корпус відключається від заземлювача (нульового захисного провідника) в останню чергу.

Стан ізоляції струмопровідних частин відповідає правилам використання системи.

Конструкція робочого столу при розробці ПЗ має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури, принтера) і документів.

Таким чином, розробка програмного забезпечення комп'ютерного засобу для детектування сигналів на фоні завад є безпечною для розробника з точки зору техніки безпеки та охорони праці.

#### 4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Правовою основою організації оповіщення населення області при загрозі чи виникненні надзвичайних ситуацій (НС) є Конституція України, Кодекс Цивільного захисту України, Постанови Кабінету Міністрів "Про затвердження Положення про організацію оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій та зв'язку у сфері цивільного захисту", "Положення про єдину державну систему цивільного захисту", накази центрального органу виконавчої влади з питань НС, відповідні розпорядження обласної державної адміністрації та інші акти.

Одним із основних завдань Цивільного захисту України, як державної системи органів управління, сил і засобів, які створені для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру, є оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і воєнний часи та постійне інформування його про наявну обстановку.

Система централізованого оповіщення області представляє собою комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, засобів та каналів зв'язку, мереж проводового, радіо, телевізійного мовлення призначених для своєчасного доведення сигналів та інформації з питань цивільної оборони (цивільного захисту) до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення. Для зосередження уваги громадян перед передачею інформації вмикаються сирени, інші сигнальні засоби. Їх звук означає попереджувальний сигнал "УВАГА ВСІМ".

Взагалі система оповіщення складається із загальнодержавної, регіональних і спеціальних систем централізованого оповіщення; локальних та об'єктових систем

оповіщення, систем циркулярного виклику. Ці системи забезпечують оповіщення і подальше інформування:

- чергових служб міністерств та інших центральних органів виконавчої влади по службових телефонах;
- чергових служб місцевих органів виконавчої влади;
- чергових аварійно-рятувальних служб.

Для виконання основних завдань оповіщення, які визначені керівними документами, а саме: забезпечення своєчасного проходження інформації між органами управління щодо ступенів готовності; оповіщення керівного складу, населення про загрозу радіоактивного, хімічного і бактеріологічного ураження, про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій у мирний і особливий період та постійне інформування його про наявну обстановку.

Система оповіщення працює за принципом відбору каналів з єдиної національної системи зв'язку. Апаратура оповіщення розташована на відповідних об'єктах органів управління, електрозв'язку, чергових відділах МВС, на радіо-теле-передавальних центрах та інших визначених підприємствах і установах.

Для оперативного доведення відповідної інформації до керівного складу по телефонам застосовуються стійки циркулярного виклику та апаратура автоматизованого багатоканального оповіщення.

Для передачі попереджувального сигналу "УВАГА ВСІМ" застосовуються електричні сирени централізованого і автономного включення, наявна кількість яких в основному забезпечує озвучення території де проживає населення області.

Інформація до населення доводиться через радіотрансляційні вузли, радіо-теле-передавальні центри по проводовому мовленню до якого підключено радіоточки і вуличні гучномовці, по визначеним радіо та телевізійним каналам.

На випадок виникнення надзвичайної ситуації безпосередньо на потенційно небезпечних підприємствах за їх рахунок створюються об'єктові системи оповіщення.

Локальні системи оповіщення створюються на потенційно небезпечних об'єктах, зона ураження від яких, у разі виникнення на них надзвичайної ситуації,

досягає заселених територій або інших підприємств, установ, організацій. До їх складу входять абонентські радіоточки мережі радіомовлення та відомчих радіотрансляційних вузлів, вуличні гучномовці, пристрої запуску електросирен та самі електросирени, система централізованого виклику, магнітофони, магнітні стрічки із записаними текстами звернень.

Готовність систем оповіщення забезпечено шляхом:

- організованої цілодобової чергової відповідних служб;
- налагодження телефонного зв'язку чергових служб потенційно небезпечних підприємств, зона ураження яких може поширюватися на заселені території або території інших підприємств, установ, організацій з оперативно-черговою службою пункту управління облдержадміністрації, чергових служб органів МВС в містах та районах області;
- завчасної підготовки персоналу чергових служб до дій у надзвичайних ситуаціях;
- впровадження автоматизованих систем оповіщення з використанням сучасних технологій;
- якісного експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та системи зв'язку.

Забороняється відключати радіотрансляційні точки та абонентські лінії, через які здійснюється запуск електросирен від мереж радіомовлення, демонтувати вуличні гучномовці без погодження з відповідними органами управління з питань ЦЗН.

#### 4.3. Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці обґрунтовано безпечність експлуатації комп'ютерного засобу для детектування сигналу на фоні завад з точки зору охорони праці.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано питання організації оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру.

## ВИСНОВКИ

У роботі розв'язано задачу розроблення методу та комп'ютеризованого засобу детектування сигналів на фоні завад.

Отримано наступні результати:

1. На підставі проведеного аналізу відомих методів детектування сигналів на фоні завад обґрунтовано напрям наукового дослідження.

2. Побудовано математичну модель сигналу у комп'ютерних мережах у вигляді суміші сигналу корисного та завади з характеристиками нормального розподілу для задачі його оптимального детектування на фоні завад.

3. Розроблено на основі узгодженої фільтрації метод оптимального детектування сигналів з наперед невизначеними параметрами на фоні завад та метод обчислення достовірності прийняття рішення на основі критерію Неймана-Пірсона.

4. Розроблено комп'ютерний засіб (програмне забезпечення) оптимального детектування сигналів на фоні завад в середовищі Matlab.

5. Проведено дослідження щодо детектування сигналів на фоні завад у комп'ютерних мережах.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чердынцев В.А. Радиотехнические системы. Минск: Вышэйш. шк., 1988. 369 с.
2. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники. Москва, 2000. 399 с.
3. Гуткин Л.С. Проектирование радиосистем и радиоустройств. Москва, 1986. 288 с.
4. Сотніков О.М., Хударковський К.І. Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів. Харків, 2002. 106 с.
5. Богданович Б.М., Окулин Н.И. Радиоприемные устройства. Минск, 1991. 428 с.
6. Бабак В.П., Хандецький В.С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: підручник. Київ, 1999. 250 с.
7. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». 3-е изд., перераб. и доп. Москва, 2000. 462 с.
8. Вайнштейн Л.А., Зубаков В.Д.. Выделение сигналов на фоне случайных помех. Москва, 1960.
9. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценивания и модуляция. Том 1. Пер. с англ. / Г.Ван Трис. Г. – М.: Сов. Радио, 1972. – 744 с.
10. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 432 с.
11. Гуревич М.С. Спектры радиосигналов. М.: Связьиздат, 1962. 321с.
12. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Советское радио, 1972. 448с.
13. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник. М.: Радио и связь, 1985. 312 с.
14. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Советское радио, 1977. 608 с.54.  
<http://www.analog.com/UploadedFiles/Data Sheets/346669145AP1674c.pdf>



15. Жалуд В. Шумы в полупроводниковых устройствах / Под ред. Нарышкина А.К. / В.Жалуд, В.Н.Кулешів. М.: Сов. Радио, 1977. 416 с.
16. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. М.: Связь, 1972. 360 с. 7 899 отсчет МККР, XV Пленарная Ассамблея. Женева, 1982. Т. 8.
17. Коган И. М. Прикладная теория информации [Текст] / И. М. Коган. М. : Радио и связь, 1981. 216 с.
18. Куликов Е.И. Оценка параметров сигналов на фоне помех / Е.И.Куликов, А.П.Трифонов. М.: Сов. Радио, 1978. 296 с.
19. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Связь, 1979. 252 с.
20. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники: В 3 т. / Б.Р.Левин. – М.: Сов. Радио, 1976. Т.2. 288 с.
21. Назаров М.В. Теория передачи сигналов / М.В.Назаров, Б.И.Кувшинов, О.В.Попов. М.: Связь, 1970. 368 с.
22. Обнаружение стохастических сигналов с неизвестными параметрами /Трифонов А.П. и др., Воронеж: Воронеж. гос. ун-т. , 1991, 246 с.
23. Сверхширокополосные технологии в радиолокации / Под редакцией Тейлора Д.Д. // Бока Ратон, Лондон, Нью-Йорк, Вашингтон, 2000.
24. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. 2-е изд., испр. / Пер. с англ. М.: Изд. дом “Вильямс”, 2001. 1104 с. Парал. тит. англ.
25. Теория передачи сигналов: Учеб. для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В., Назаров, Л.М. Финк. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1986. 304 с.
26. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника: монография / В.И.Тихонов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1982. 624 с.
27. Тихонов В.И. Статистический анализ радиотехнических устройств и систем: Учебное пособие для высших учебных заведений / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. М.: Радио и связь, 1991. 608с.
28. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов / В.И. Тихонов. – М. : Радио и связь, 1982. 320 с .

29. Теория обнаружения сигналов / [П.С.Акимов., А.П.Бакут., В.А.Богданович и др].; Под ред. П.А Бакута. – М.: Радио и связь, 1984. 440 с.
30. Урывский Л. А. Основы прикладной теории информации для телекоммуникаций [Текст] : диссертация доктора технических наук : 05.12.02 / Л. А. Урывский; Киев, НТУУ «КПИ». К. : 2009. 377 с.
31. Феер Л. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра [Текст] / Л. Феер // Пер. с англ. М.; Радио и связь, 2000. 520 с.
32. Харкевич А.А. Спектры и анализ / А.А. Харкевич – М.: Физматгиз, 1962. 134 с.
33. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посібник/ В.В. Бегун, І.М. Науменко. К.: Видавництво УАННП “Фенікс”, 2004. 328с.
34. Жалуд В. Шумы в полупроводниковых устройствах / Под ред. Нарышкина А.К. / В.Жалуд, В.Н.Кулешів. М.: Сов. Радио, 1977. 416 с.
35. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] : підруч. / В. Ц. Жидецький ; М-во освіти і науки України. Наук.-метод. центр вищої освіти. Укр. акад. друкарства ; рец.: Г. Г. Гогіташвілі, І. І. Даценко, Б. С. Штангрет. 3-тє вид., перероб. і доп. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2006. 336 с. Бібліогр.: с. 329–330. ISBN 966-8013-11-5
36. Величко Д.В., Прунчак А.В. Актуальність детектування сигналів на фоні завад у комп'ютерних системах. *Актуальні задачі сучасних технологій*: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 25–26 листоп. 2020.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2020. С.13. **ISBN 978-966-305-112-3**
37. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98> (дата звернення: 29.10.202-).

38. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99. URL: <http://arm.te.ua/docs/DSN-3.3.6.037-99.pdf> (дата звернення: 29.10.2020).

39. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99> (дата звернення: 29.10.2020).

40. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007-98. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98> (дата звернення: 29.10.2020).

Додаток А

Теза конференції

«Актуальність детектування сигналів на фоні завад у комп'ютерних системах»

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Національна академія наук України  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Шяуляйська державна колегія (Литва)  
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)  
Наукове товариство ім. Шевченка  
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

## **Збірник**

тез доповідей

## **Том II**

**IX Міжнародної науково-технічної  
конференції молодих учених та студентів**

25-26 листопада 2020 року



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2020**

**УДК 004.42:004.7:621.391.8**

**Д.В. Величко, А.В. Прунчак**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**АКТУАЛЬНІСТЬ ДЕТЕКТУВАННЯ СИГНАЛІВ НА ФОНІ ЗАВАД У  
КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ**

**D.V. Velychko, A.V. Prunchak**

**RELEVANCE OF DETECTING SIGNALS ON THE BACKGROUND OF  
INTERFERENCE IN COMPUTER SYSTEMS**

При цифровому опрацюванні сигналів в комп'ютерних системах різного призначення досить часто виникає проблема детектування корисних сигналів в умовах неповної інформації на фоні завад.

Для розв'язання теоретично-практичних завдань цифрового опрацювання сигналів на фоні різнотипних завад важливе значення мають наукові напрацювання Л.Рабінера, Ш.М.Чабдарова, В.І.Тихонова, П.С.Акімова, Л.С.Гуткіна, Б.Р.Левіна, В.А.Котельникова, Б.Гоулда, Ю.С.Лезіна, Ю.Г.Сосуліна, Н.Вінера, А.Н.Дмитриєнко, А.Оппенгейма, В.В.Калмикова та інших.

Для детектування сигналів в умовах неповної інформації використовують комп'ютерні засоби, алгоритми роботи яких базуються на методах усереднення [1,2] та фільтрації (аналогова/цифрова) [3-6].

Усереднення апріорно вимагає великої за об'ємом вибірки сигналу, що призводить до перенавантаження ресурсів комп'ютерної системи та підвищує рівень дестабілізації результатів опрацювання. У випадку фільтрації - найефективнішою є цифрова фільтрація, яка, на відміну від аналогової, володіє стабільністю частотної смуги пропускання та коефіцієнта передачі. Відомі комп'ютерні засоби детектування сигналів, які розроблено на основі методів та алгоритмів цифрового опрацювання сигналів в умовах неповної інформації, формують на своїх виходах результати детектування з низьким або з не визначеним рівнем достовірності для прийняття коректного рішення щодо факту присутності/відсутності корисного сигналу.

Тому розробка комп'ютерного засобу детектування корисних сигналів в умовах неповної інформації на фоні завад у комп'ютерних системах на основі методу та алгоритму оптимальної цифрової фільтрації із підвищеними числовими показниками достовірності прийнятого рішення є актуальною науково-практичною задачею.

**Література**

1. Зюко А.Г., Коробов Ю.Ф. Теория передачи сигналов. М.: Связь, 1972. 282 с.
2. Вайнштейн Л. А., Зубаков В. Д. Выделение сигналов на фоне случайных помех. М.:Советское радио, 1960. 446 с.
3. Khairnar D.G., Merchant S.N., Uday B Desai. Radar Signal Detection In Non-Gaussian Noise Using RBF Neural Network. August 2008. Journal of Computers. 3(1). DOI: 10.4304/jcp.3.1.32-39
4. Сорохтин М.М., Морозов О.А., Логинов А.А. Адаптивный цифровой алгоритм анализа фазы для приема и декодирования сигналов с фазовой и частотной манипуляцией. // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия «Радиофизика». Выпуск 1(2). ННГУ, 2004. С. 105-110.
5. Куликов Г.В. Два алгоритма адаптивной фильтрации нефлуктуационных помех при приеме модулированных сигналов с непрерывной фазой. *Наукоємкие технологии*, 2003. № 6. С.19–23.
6. Hippenstiel R.D. Detection Theory. Applications and Digital Signal Processing. CRC Press. 2002. 340 p.

*Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів.  
Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 25-26 листопада 2020.*

тренуваннями чи змаганнями, а й для правильного відтворення кольору при фото чи відео зйомках. Індекс кольоропередачі джерел світла, мав би перевищувати значення 80 (оптимально 90).

У змодельованих освітлювальних установках використовувалися як світильники вітчизняного (ВАТ «Ватра» м. Тернопіль) та іноземного виробництва. Ці прилади було вибрано з врахуванням їх роботи в складних умовах навколишнього середовища. Рівень захисту у них складав IP65.

Джерела світла для систем освітлення вибралася сумарною потужністю 250-400 Вт (кількість окремих надяскравих світлодіодів потужністю 7, 11, 13 Вт у прожекторі із вбудованим блоком живлення змінювалася в межах від 20 до 50 штук). Електропостачання проектувалося від одно- чи трьохфазної мережі напругою 220 В. Загальна потужністю, що використовується освітлювальними приладами становила 0,5-2,3 кВт (в залежності від геометричних розмірів освітлювальної території). Рівні освітленості горизонтальної площини проектувалися 150-250 лк, вертикальних поздовжніх і поперечних площин 130-350 лм.

### **Література**

1. Комп'ютерне проектування освітлення спортивних споруд – Назаренко Л. А.; Салтиков В.О.; Васильєва Ю. О.; Ляшенко О. М. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2013.
2. СНіП 2-05-08. Природне та штучне освітлення. Будівельні норми і правила. Светотехника. 2008, №2.
3. Кунго Я.А., Твардовский П.М. Автоматизация управления и регулирования напряжения в осветительных установках. – М.: Энергия, 1999.
4. Тиходеев П.М., – Световые измерения в светотехнике. М.: Госэнергоиздат. 1998.
5. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. Л.: – Энергоиздат, Ленинград. отд-ние, 1995.

Додаток Б

Теза конференції

«Комп'ютерна система детектування корисних сигналів»



**СУЧАСНІ  
ІНФОРМАЦІЙНІ  
СИСТЕМИ І  
ТЕХНОЛОГІЇ**

**Матеріали**

**III Всеукраїнської**

**науково-практичної інтернет-конференції  
студентів, аспірантів та молодих вчених**

за тематикою:

***«Сучасні комп'ютерні системи  
та мережі в управлінні»***

**30 листопада 2020 р.**

**Херсон**

Пивовар Д.О., Сергієнко Т.І. Інформаційні технології та їх вплив на розвиток суспільства ..	64
Подлесна С.О., Кудряшова А.В., Сеньківський В.М. Семантична мережа факторів захисту інформації за допомогою криптографічних систем .....	65
Прокоф'єв П.С., Барченко Н.Л., Зарудна К.О. Графічний інтерфейс налаштування протоколу DHCP в мережах з підтримкою IPv6 .....	68
Проценко Я.В., Лепа Є.В. Аналізатори протоколів керування комп'ютерними мережами ....	69
Прунчак А.В., Хвостівський В.М., Осухівська Г.М. Комп'ютерна система детектування корисних сигналів .....	72
Пушкін О.С., Макарова Л.М. Регресійні моделі для оцінювання кількості дефектів програмного забезпечення.....	73
Рибась Д.Є., Райко О.О., Райко Г.О. Система управління якісним контентом .....	75
Рябченко В.О., Кравченко С.М. Використання MS Azure для машинного навчання.....	77
Скібчик В.І., Днесь В.І., Кудринський Р.Б. Автоматизована система для управління використанням зернозбиральних комбайнів агропідприємствами.....	79
Харланов М.С., Лепа Є.В. Аналізатори мережного трафіку (сніфери) .....	83
Чиркова Т.І., Тендітний Ю.Г., Латанська Л.О. Аналіз існуючих методів розпізнавання друкованих та рукописних текстів .....	86
Яковенко А.О., Козуб Н.О. Алгоритми машинного навчання .....	88
<b>СЕКЦІЯ 2. ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ ТА СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....</b>	<b>90</b>
Алексєєва Г.М., Кравченко Н.В., Горбатюк Л.В. Використання інтернет- месенджерів в процесі професійної підготовки інженерів-педагогів .....	91
Antipov A.S., Boyko R.Yu., Shirokiy Yu.V. Design Of A Gripper For Automated Production .....	94
Антонюк В.А., Сидорова М.Г. Microkernel Architecture у розробці сучасних мобільних додатків .....	96
Belanova V.M., Yekasova Y.V., Shirokiy Yu.V. Use Of Computer Vision To Determine The Geometry Of A Box.....	98
Бородай О.М., Ткачук Р.А. Структурна схема приладу для електростимуляції м'язів людини .....	100
Величко О.С., Єпик М.О. Безпечна система цифрового голосування на основі технології блокчейн .....	102
Веретельник В.О., Алексєєва Г.М., Чуприна Г.П. Із практичного досвіду розробки рукавички нескінченності на базі Arduino .....	104
Дідух Л.В., Залеток Н.В. Характеристика основних стратегій та технологій забезпечення збереженості електронних документів в архівних установах .....	106
Дудник В.Р., Горносталя С.А., Петухова О.А. Розробка програмного комплексу визначення кількості пожежних кран-комплектів в закладах професійної освіти .....	108
Жомір А.С., Сидорук М.В. Впровадження проєктів модернізації системи бухгалтерського обліку на підприємствах .....	111
Кисельов Д.Г., Алексєєва Г.М., Овсянніков О.С. Використання браузерів у повсякденному житті та навчанні.....	113
Корніловська Н.В., Лур'є І.А., Бурлака С.М. Консолідований інформаційний ресурс управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM-система) .....	115



УДК 612.391:004.42

*Прунчак А.В., студент 6 курсу спеціальності  
«Комп'ютерна інженерія»*

*Хвостівський В.М., студент 5 курсу  
спеціальності «Комп'ютерна інженерія»*

*Осухівська Г.М., к.т.н., завідувач кафедри  
комп'ютерних систем та мереж*

## КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЕТЕКТУВАННЯ КОРИСНИХ СИГНАЛІВ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

В процесі цифрової обробки сигналів у складі комп'ютерних системах відповідним програмним забезпеченням (ПЗ) у більшості випадків є проблематика детектування сигналів корисного характеру на фоні різноманітних завад. ПЗ у відомих комп'ютерних системах реалізовані на алгоритмі усереднення та фільтрації [1]. Вимогою алгоритму усереднення є необхідність великого масиву даних сигналу, що негативно впливає на завантаженість системи цілому (ефекти зависання та дестабілізації). Цифрова фільтрація у складі відомих систем, яка є найефективнішою серед алгоритмів фільтрації (аналогова та цифрова), формує на своєму виході сигнал із низьким рівнем достовірності при прийнятті рішення щодо присутності сигналу корисного характеру. Тому розроблення ефективних методів фільтрації, зокрема оптимальної, до задачі детектування корисного сигналу є актуальною.

Оптимальна фільтрація, зокрема узгоджена, забезпечує формування на своєму виході максимальне відношення сигнал-шум із максимальним показником достовірності прийнятого рішення. Використовуючи алгоритм узгодженої фільтрації, критерій Неймана-Пірсона для обчислення показника достовірності та засіб Matlab розроблено систему (рис. 1).

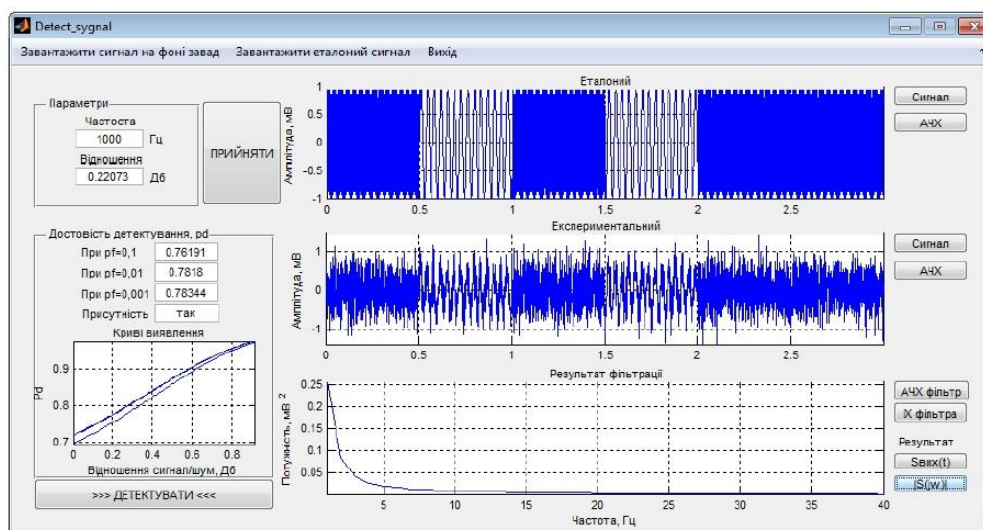


Рис. 1. Загальний вигляд комп'ютерної системи детектування корисних сигналів

За результатами детектування (рис.1) встановлено, що сигнал корисного (еталонного) характеру є присутнім на фоні завади (відношення сигнал/шум=0,22073 Дб) з параметрами достовірності  $pd=[0,76;0,7818;0,78344]$  при помилкових рішеннях  $pf=[0,001; 0,01; 0,1]$ .

**Перелік джерел посилання.**

1. Khairnar D.G., Merchant S.N., Uday B Desai. Radar Signal Detection In Non-Gaussian Noise Using RBF Neural Network. August 2008. Journal of Computers. 3(1). DOI: 10.4304/jcp.3.1.32-39

УДК 004.42:519.25

*Пушкія О.С., студент*  
*Макарова Л.М., к.т.н., доцент кафедри*  
*програмного забезпечення автоматизованих*  
*систем*

### **РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ДЕФЕКТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

**Постановка проблеми.** Програмне забезпечення сучасних інформаційних систем являє собою надзвичайно складний комплекс, в створенні якого можуть брати участь десятки і навіть сотні фахівців. Багато дослідників називають складність сучасного програмного забезпечення ключовим фактором виникнення дефектів. З ростом складності і появою більшої кількості дефектів програмного забезпечення збільшуються розміри втрат і залежність кінцевих користувачів програмного забезпечення від його безвідмовної роботи.

З іншого боку, зниження кількості дефектів в сучасному програмному забезпеченні пояснюється прогресом методів, засобів і технологій інженерії програмного забезпечення, які дозволяють проводити більш якісне тестування програмного забезпечення та виявлення помилок ще на стадії розробки, збільшенням ступеня повторного використання бездефектного коду, можливістю сучасних середовищ розробки автоматично генерувати бездефектний код. Але удосконалення методів для зменшення та моделей для оцінювання кількості дефектів програмного забезпечення є актуальними задачами сучасної інженерії програмного забезпечення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В якості оцінки кількості дефектів на етапі розробки використовуються апіорні моделі. Вони дозволяють оцінити кількість дефектів, внесених розробниками на етапі проектування і кодування. Для оцінки кількості дефектів апіорні моделі використовують показник кількості рядків програмного коду. Найбільш відомою апіорною моделлю є модель Холстеда [1]. В основу розробки моделі покладені дві базові характеристики програмного забезпечення: словник операторів та операндів мови програмування, число використання операторів та операндів в програмних реалізаціях, а також гіпотеза, що частота використання операторів та операндів в програмі пропорційна бінарному логарифму кількості їх типів. Недоліком даної моделі є велика похибка обчислень.

Ще однією апіорною моделлю оцінки кількості дефектів є модель Акіями, яка досліджена на предмет достовірності і точності оцінки кількості дефектів [2]. Дослідження показало, що лінійні моделі деяких простих метрик забезпечують оцінки для всіх дефектів, які фактично визначаються як сума дефектів, виявлених в ході випробувань, і дефектів знайдених протягом двох місяців [3]. Виявлена закономірність перевищення розрахункової кількості дефектів над фактичною в кілька разів.

Для оцінки кількості дефектів фірмою TRW запропоновано використовувати багатофакторну модель. Дана модель представляє собою лінійну модель оцінки по п'яти емпіричним характеристикам програмного забезпечення: логічна складність, складність взаємозв'язку, складності розрахунків, складності вводу-виводу і зрозумілості [4]. Однак ця модель не враховує фактору повторного використання бездефектного коду. Для отримання

## Додаток В

Текст програмного забезпечення комп'ютеризованої системи детектування сигналів  
на фоні завод

```

function varargout = Detect_signal(varargin)
% DETECT_SYGNAL MATLAB code for Detect_signal.fig
%   DETECT_SYGNAL, by itself, creates a new DETECT_SYGNAL or raises
the existing
%   singleton*.
%
%   H = DETECT_SYGNAL returns the handle to a new DETECT_SYGNAL or
the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   DETECT_SYGNAL('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls
the local
%   function named CALLBACK in DETECT_SYGNAL.M with the given input
arguments.
%
%   DETECT_SYGNAL('Property','Value',...) creates a new
DETECT_SYGNAL or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%   applied to the GUI before Detect_signal_OpeningFcn gets called.
An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to Detect_signal_OpeningFcn via
varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows
only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help Detect_signal

% Last Modified by GUIDE v2.5 21-Nov-2020 21:17:42

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Detect_signal_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Detect_signal_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})

```

```

    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Detect_sygnal is made visible.
function Detect_sygnal_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to Detect_sygnal (see VARARGIN)

% Choose default command line output for Detect_sygnal
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Detect_sygnal wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
set(handles.text13,'visible','on');
set(handles.text14,'visible','on');

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Detect_sygnal_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
sign1=get(handles.pushbutton1,'userdata');
df=str2num(get(handles.edit1,'string'))
t=(0:length(sign1)-1)/df;

```

```

axes(handles.axes1);
plot(t, sign1);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, В');

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
fd=str2num(get(handles.edit1,'string'));
t=(0:length(x)-1)/fd;
% Коефіцієнт s
s=1/(abs(max(x)));
s=1;
% Імпульсна характеристика узгодженого фільтру
for i=0:(length(x)-1)
    hfiltr(i+1)=s*(x(length(x)-i));
end;
axes(handles.axes4);
plot(t,h);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('h(t)=k*s(t0-t), В');

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
fd=str2num(get(handles.edit1,'string'));
% Коефіцієнт s
s=1/(abs(max(x)));
s=1;
% Імпульсна характеристика узгодженого фільтру
for i=0:(length(x)-1)
    h(i+1)=s*(x(length(x)-i));
end;
% Частотна характеристика фільтра
sph=abs(fft(h))/length(h);
% Вивід графіку
N=length(sph);
df=fd/N;
f=0:df:fd-df;
axes(handles.axes4);
plot(f(1:fix(N/4)),sph(1:fix(N/4)));
axis tight;

```

```

grid on;
xlabel('Частота, Гц');
ylabel('Амплітуда, В');

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
x=get(handles.pushbutton1,'userdata');
fd=str2num(get(handles.edit1,'string'));
y=abs(fft(x));
N=length(x);
y=y./N;
df=fd/N;
f=0:df:fd-df;
axes(handles.axes1);
plot(f(1:fix(N/4)),y(1:fix(N/4)));
axis tight;
grid on;
xlabel('Частота, Гц');
ylabel('Амплітуда, В');

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
x2=get(handles.pushbutton2,'userdata');
fd=str2num(get(handles.edit1,'string'));
y=abs(fft(x2));
N=length(x2);
y=y./N;
df=fd/N;
f=0:df:fd-df;
axes(handles.axes2);
plot(f(1:fix(N/4)),y(1:fix(N/4)));
axis tight;
grid on;
xlabel('Частота, Гц');
ylabel('Амплітуда, В');

% --- Executes on button press in pushbutton10.
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
x2=get(handles.pushbutton2,'userdata');
df=str2num(get(handles.edit1,'string'))
t=(0:length(x2)-1)/df;
axes(handles.axes2);

```

```

plot(t,x2);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, В');

% --- Executes on button press in pushbutton7.
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton7 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
sign1=get(handles.pushbutton1,'userdata');
sign2=get(handles.pushbutton2,'userdata');
if length(sign1)<length(sign2)
    signtemp=sign2; sign2=0;
    sign2=signtemp(1:length(sign1));
end;
if length(sign1)>length(sign2)
    signtemp=sign1; sign1=0;
    sign2=signtemp(1:length(sign2));
end;

df=str2num(get(handles.edit1,'string'))
tx=(0:length(sign1)-1)/df;
axes(handles.axes2);
plot(tx,sign2);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, В');

axes(handles.axes1);
plot(tx,sign1);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, мВ');

% --- Executes on button press in pushbutton8.
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
s=get(handles.pushbutton1,'userdata');
sign2=get(handles.pushbutton2,'userdata');

% Формування однорідності тривалості даних
if length(sign1)<length(sign2)
    signtemp=sign2; sign2=0;
    sign2=signtemp(1:length(signtemp));
end;
if length(sign1)>length(sign2)

```

```

    signtemp=s; sign1=0;
    s=signtemp(1:length(sign2));
end;

% Виділення
% Нормувочний коефіцієнт с узгодженого фільтра
c=1/(abs(max(s)));
c=1;
% Імпульсна характеристика узгодженого фільтру
h=0;
for i=0:(length(sign1)-1)
    hfiltr(i+1)=c*(s(length(sign1)-i));
end;
% Формування sign2(t-u)
for i=0:(length(sign2)-1)
    sign2inv(i+1)=(sign2(length(sign2)-i));
end;
% Сигнал на виході фільтра
yout=zeros(length(sign1),1);
for jj=1:length(sign1)
    for ii=1:jj
        yout(jj)=yout(jj)+hfiltr(ii)*sign2inv(ii);
    end;
end;
yout=yout/length(yout);
%Максимальне значення сигналу з фільтру
E=max(yout);
% Формування шумової складової у суміші
noise=sign2-sign1;
% Обчислення середньоквадратичного відхилення суміші шумової складової
sigman=std(noise);
% Обчислення потужності шумової складової
N0noise=sum(noise^2);
% Відношення сигнал/шум
SignalNoiseR=E/N0noise;
% Значення імовірностей помилки
pf(1)=0.001; pf(2)=0.01; pf(3)=0.1
% Обчислення поргу прийняття рішень
h=sqrt(SignalNoiseR)*erfc(1-2*pf);
% Обчислення значення достовірностей
pd11=1-normpdf((h(1)/SignalNoiseR)-SignalNoiseR),0,1);
pd22=1-normpdf((h(2)/SignalNoiseR)-SignalNoiseR),0,1);
pd33=1-normpdf((h(3)/SignalNoiseR)-SignalNoiseR),0,1);
% Вивід значення достовірностей на вікно користувача
set(handles.edit4,'string',num2str(pd11));
set(handles.edit5,'string',num2str(pd22));
set(handles.edit6,'string',num2str(pd33));
% Пошук факту перевищення порогу прийняття рішення
if max(yout)>h set(handles.edit3,'string','так');
else
    set(handles.edit3,'string','ні');
end;
set(handles.edit3,'string','так');

```



```

% Побудова кривих виділення
j=0;
for SignalNoiseR1=1:0.01:SignalNoiseR*2
    j=j+1;
    h(1)=sqrt(SignNoiseR1)*erfc(1-2*pf(1));
    h(2)=sqrt(SignNoiseR1)*erfc(1-2*pf(2));
    h(3)=sqrt(SignNoiseR1)*erfc(1-2*pf(3));
    Pd11(j)=1-normpdf((h(1)/SignNoiseR1)- SignNoiseR1),0,1);
    Pd22(j)=1-normpdf((h(2)/SignNoiseR1)- SignNoiseR1),0,1);
    Pd33(j)=1-normpdf((h(3)/SignNoiseR1)- SignNoiseR1),0,1);
    end;
axes(handles.axes3);
plot(log(1:0.01: SignNoiseR1*2),PD1);
hold on;
plot(log(1:0.01: SignNoiseR1*2),PD2);
plot(log(1:0.01: SignNoiseR1*2),PD3);
hold off;
axis tight;
grid on;
xlabel('Відношення сигнал/шум, Дб');
ylabel('Pd');
set(handles.edit2,'string',num2str(log(SignNoiseR1)));

% --- Executes on button press in pushbutton9.
function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton9 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
%-----Фільтрація-----
sign1=get(handles.pushbutton1,'userdata');
sign2=get(handles.pushbutton2,'userdata');

fd=str2num(get(handles.edit1,'string'));
tx=(0:length(sign1)-1)/fd;

% Імпульсна характеристика узгодженого фільтру
% Коефіцієнт с
c=1/(abs(max(sign1)));
c=1;
hfiltr=0;
for i=0:(length(sign1)-1)
    hfiltr(i+1)=c*(s(length(sign1)-i));
end;

% Формування sign2(t-u)
for i=0:(length(sign2)-1)
    sign2inv(i+1)=(sign2(length(sign2)-i));
end;

% Сигнал на виході фільтра

```

```

y=zeros(length(sign1),1);
for jj=1:length(sign1)
for ii=1:jj
    yfiltr(j)=yfiltr(j)+hfiltr(i)*sign2inv(ii);
end;
end;
yfiltr=yfiltr/length(yfiltr);

% Вивід графіку фільтрації
axes(handles.axes4);
plot(tx,yfiltr);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Свих, МВ^2');

% --- Executes on button press in pushbutton10.
function pushbutton10_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton10 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
s=get(handles.pushbutton1,'userdata');
sign2=get(handles.pushbutton2,'userdata');

fd=str2num(get(handles.edit1,'string'));
t=(0:length(s)-1)/fd;

% Імпульсна характеристика узгодженого фільтру
% Коефіцієнт c
c=1/(abs(max(sign1)));
h=0;
for i=0:(length(sign1)-1)
    hfiltr(i+1)=c*(sign1(length(sign1)-i));
end;

% Формування sign2(t-u)
for i=0:(length(sign2)-1)
    sign2inv(i+1)=(sign2(length(sign2)-i));
end;

% Сигнал на виході фільтра
noise=zeros(length(sign1),1);
for jj=1:length(sign1)
for ii=1:jj
    n(jj)=n(jj)+h(i)*sign2inv(ii);
end;
end;
noise=n/length(noise);

spn=abs(fft(noise))/length(noise)*2;

```

```

N=length(spn);
df=fd/N;
f=0:df:fd-df;
plot(f(1:fix(N/30)),spn(1:fix(N/30)))
axis tight;
grid on;
xlabel('Частота, Гц');
ylabel('Потужність, мВ ^2');

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as text
%          str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit4
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.

```

```

%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit5 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit5
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit2 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit2
as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% -----
function Untitled_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_1 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

[fi,path] = uigetfile('*.dat;*.txt;', 'Завантажити сигнал на фоні
завад');
if length(fil)>=1
director=[pat fil];
end;
sign1=load(director);
sign1=sign1./2;
l=size(sign1);
if l(1)==1
    sign1=sign1';
end;
noise=normrnd(0,1.2,length(x),1);
sign2=sign1+noise;
set(handles.pushbutton2,'userdata',x);
set(handles.text14,'visible','off');
df=str2num(get(handles.edit1,'string'));
tx=(0:length(sign1)-1)/df;
axes(handles.axes2);
plot(tx,sign1);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, В');
% -----
function Untitled_2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_2 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
[fil,pat] = uigetfile('*.dat;*.txt;', 'Завантажити сигнал');
if length(fil)>=1
director=[pat fil];
end;
sign1=load(director);
l=size(sign1);
if l(1)==1
    sign1=sign1';
end;
set(handles.pushbutton1,'userdata',x);
set(handles.text13,'visible','off');
df=str2num(get(handles.edit1,'string'));
tx=(0:length(sign1)-1)/df;
axes(handles.axes1);
plot(t[,sign1]);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('Амплітуда, В');
% -----
function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to Untitled_3 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```
% --- Executes on button press in pushbutton12.
function pushbutton12_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton12 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
sign1=get(handles.pushbutton1,'userdata');
fd=str2num(get(handles.edit1,'string'));
tx=(0:length(s)-1)/fd;
v=s./max(abs(s));
axes(handles.axes4);
plot(tx,v);
axis tight;
grid on;
xlabel('Час, сек');
ylabel('signal/|max(signal)|');
```