

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

---

(назва освітнього ступеня)

на тему: Метод достовірного виявлення радіосигналів для радіолокаційних систем

---

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи РРМ-61  
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

---

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	<u>Чирський Т.В.</u> (прізвище та ініціали)
	(підпис)	
Керівник	<hr/>	<u>Дунець В.Л.</u> (прізвище та ініціали)
	(підпис)	
Нормоконтроль	<hr/>	<u>Хвостівська Л.В.</u> (прізвище та ініціали)
	(підпис)	
Завідувач кафедри	<hr/>	<u>Дунець В.Л.</u> (прізвище та ініціали)
	(підпис)	
Рецензент	<hr/>	<u>Хвостівський М.О.</u> (прізвище та ініціали)
	(підпис)	

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

Дунець В.Л.  
(прізвище та ініціали)  
« » 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Чирському Тарасу Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Метод достовірного виявлення радіосигналів для радіолокаційних систем

Керівник роботи Дунець Василь Любомирович, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 06 » грудня 2022 року № 4/7-989

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

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт дослідження: процес виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем.

Предмет дослідження: модель математична радіосигналів серед завад.

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

1. Аналітична частина

2. Основна частина

3. Науково-дослідна частина

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Актуальність роботи

2. Математична модель радіосигналів в радіолокаційних системах

3. Метод та алгоритм достовірного виявлення радіосигналів в радіолокаційних системах

4. Результати достовірного виявленні радіосигналів в радіолокаційних системах

5. Наукова новизна

6. Практичне значення

7. Загальні висновки

### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на виконання роботи		
2	Аналіз отриманого завдання		
3	Виконання розділу 1		
4	Виконання розділу 2		
5	Виконання розділу 3		
6	Виконання розділу 4		
7	Оформлення пояснювальної записки роботи		
8	Оформлення презентаційного матеріалу роботи		
9	Перевірка роботи на антиплагіат		
10	Попередній захист роботи		
11	Захист роботи		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Чирський Т.В \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Дунець В.Л. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод достовірного виявлення радіосигналів для радіолокаційних систем» // Кваліфікаційна робота // Чирський Тарас Володимирович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РРм-61 // Тернопіль, 2022 // с. – 72, рис. – 25, табл. – 0, додат. – 2, бібліогр. – 47.

Ключові слова: ДОСТОВІРНЕ ВИЯВЛЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ, РАДІОЛОКАЦІЙНІ СИСТЕМИ, НЕЙМАН-ПІРСОН.

Роботу присвячено дослідженню процесів виявлення радіосигналів оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем

Для задачі виявлення радіосигналів застосовано адитивне подання моделі сигналів як сума корисного радіосигналу та завадної реалізації. Адитивна модель та статистичний критерій Неймана-Пірсона забезпечив розробку методу та алгоритму досліджень процесу виявлення сигналів серед завадних реалізацій різних потужностей при різних помилкових рішеннях  $(0,001;0,01;0,1)$  для радіолокаційних систем. Метод та алгоритм дослідження реалізовано у вигляді програмного коду з візуальними компонентами керування в програмі Matlab як складової одиниці радіолокаційних систем.

## ANNOTATION

Theme of qualification work: "Method of reliable detection of radiosignals for radar systems" // Qualification work // Chyrskyy Taras // Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RRm-61 // Ternopil, 2022 // p. – 72, fig. – 25, tab. – 0, Add – 2, Ref. – 47.

Key words: RELIABLE DETECTION OF RADIOSIGNALS, RADAR SYSTEMS, NEIMAN-PEARSON.

The work is devoted to the study of radiosignal detection processes, assessment of the reliability indicator of radiosignal detection among interference for radar systems

For the problem of detecting radiosignals, the additive presentation of the signal model as the sum of the useful radiosignal and the harmful implementation is applied. The additive model and the Neumann-Pearson statistical criterion provided the development of a method and algorithm for the research of the signal detection process among the interfering implementations of different powers with different erroneous solutions for radar systems. The research method and algorithm is implemented in the form of software code with visual control components in the Matlab program as a component unit of radar systems.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	10
1.1. Проблема виявлення радіосигналів.....	10
1.2. Методи виявлення радіосигналів у завадах.....	11
1.2.1. Метод когерентного виявлення.....	11
1.2.2. Метод фільтрації узгодженої.....	16
1.2.3. Метод некогерентного виявлення.....	18
1.3. Висновки до розділу 1.....	20
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	22
2.1. Модель радіосигналів в радіолокації серед завад.....	22
2.2. Метод виявлення радіосигналу та оцінювання рівня достовірності.....	25
2.3. Алгоритм виявлення радіосигналу та оцінювання рівня достовірності.....	31
2.4. Висновки до розділу 3.....	33
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	34
3.1. Блок-схема програмного коду виявлення радіосигналів серед завад.....	34
3.2. Програмний код достовірного виявлення радіосигналів.....	35
3.3. Результати достовірного виявлення радіосигналів.....	44
3.4. Висновки до розділу 3.....	49
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
4.1. Охорона праці.....	50
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
4.3. Висновки до розділу 4.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	58
ДОДАТКИ.....	62
ДОДАТОК А. Теза конференції (апробація результатів).....	63
ДОДАТОК Б. Програмний код достовірного виявлення радіосигналів.....	66

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Бездротові радіолокаційні системи передавання радіосигналів [37] є вагомо інтегрованими у простір телекомунікацій. Вагома частка безпроводного частотного діапазону передавання радіосигналів є перекритою, перенавантаженою та низькозахищеною від впливу магнітних та електричних завад, що негативно впливає на достовірність інформаційних параметрів радіосигналів (спотворення вхідних параметрів радіосигналів) та процес його виявлення серед завад. Тому, процес достовірного виявлення радіосигналів для радіолокаційних систем серед завад є базовою задачею аналізу радіосигналів.

Серед відомих методів аналізу радіосигналів при їх виявленні у завадах виділено когерентне виявлення, некогерентне виявлення та узгоджену фільтрацію. Зазначені методи не забезпечують формування на своїх виходах чисельно показників достовірності, які констатують факт присутності чи відсутності корисних радіосигналів серед завад.

Тому, розробка методу виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем є актуальним науково-технічним завданням.

**Мета дослідження:** розробка методу достовірного виявлення радіосигналів для радіолокаційних систем.

Завдання дослідження:

1. Здійснити аналіз існуючих методів аналізу радіосигналів при їх виявленні у завадах
2. Обґрунтувати структуру математичної моделі радіосигналів для їх аналізу при виявленні серед завад.
3. Розробити метод/алгоритм виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем
4. Розробити програмний код для виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем.
5. Провести процес виявлення та оцінювання показника достовірності

виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем.

**Об'єкт дослідження.**

Процес виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем

**Предмет дослідження.**

Модель математична радіосигналів серед завад.

**Наукова новизна.**

Розроблено метод виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем на підґрунті критерію Неймана-Пірсона.

**Практичне значення.**

Розроблений програмний код як складова одиниця радіолокаційних систем забезпечує тестування алгоритмів достовірного виявлення радіосигналів серед завад.



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Проблема виявлення радіосигналів

В складних умовах завадного передаючого середовища процедура розробки або вдосконалення радіолокаційних систем (РЛС) базована на підґрунті сучасних оптимізаційних алгоритмів.

Проблема синтезу РЛМ при виявленні умовно поділяється на 2 складові задачі:

- 1) Процес обрання оптимальних сигналів для отримання необхідних результатів при врахуванні реального середовища передавання радіосигналів;
- 2) Оптимальний алгоритм виявлення радіосигналів.

Базове завдання виявлення радіосигналів зведено до найоптимальнішого відновлення структури та параметрів корисного радіосигналу за радіосигналом. На практиці в більшості організація виявлення радіосигналів забезпечується при так відношенні сигнал/шум (С/Ш).

При базовій проблемі процесу оптимального виявлення радіосигналів апріорно припускають відомі показники радіосигналу та завади, і їх взаємопов'язування, де треба одержати оптимальний засіб для найкращого передавання радіосигналу або прийняття рішень при найменших помилках. У випадку більшого показника достовірності апріорної інформації легше відбувається процедура вирішення сформульованої задачі.

В процесі синтезування виявляючого засобу необхідно:

- 1) Вибрати математично-продуктивний критерій оптимальності у відповідності до фізичного змісту та цільового змісту для вирішення практичних задач.
- 2) Чітко математичне формулювання задачі, яка забезпечує врахування всіх апріорних даних та забезпечує вирішення її згідно прийнятого критерію.

В кінцевому випадку при вирішенні синтезуючої задачі та його мети є такі 4 базових результати:

1) Структурне рішення оптимального виявляючого засобу. За результатами синтезу (оптимізації) має бути отримано алгоритмічна структура обробки радіосигналу на виході, яка має бути реалізованою у виді відповідної структури або функціоналу схемотехнічного.

2) Чисельне оцінювання якості функціонування. Після отримання оптимальної структури схемотехнічної, треба здійснити процес визначення її параметрів та обчислення чисельних показників якості функціонування засобу згідно критерію.

3) Показник чутливості щодо відхилення від апріорно заданих даних. Переважно реальні ситуації апріорні данні є зовсім точні, а приблизними. Також під час експлуатування можуть мінятися зовнішні умови функціонування.

4) Процес практичної реалізації. На кінцевому етапі синтезу є вирішення ряду питань щодо можливості або наближення реалізації отримання результатів при застосуванні засобів, що мають використання в практичних ситуаціях.

Згідно цільового призначення різноманітних виявляючих засобів і використання методів математики згідно теорії оптимальних виявлень сигналів виділено кілька спрямувань: процедура оптимального виявлення та ідентифікація сигналів у завадах, оцінювання невідомих показників сигналів та завади, розширеність кількох сигналів та фільтрація сигнальних даних оптимального характеру. Зазначені задачі переважно розглядають за різних об'ємів апріорних даних в розглянутих ситуаціях.

## 1.2. Методи виявлення радіосигналів у завадах

### 1.2.1. Метод когерентного виявлення

Припущено, що спотворення в каналах є детермінованими, а стохастичним є тільки шум гаусовий  $n(t)$ . Це трактується як процес передавання радіосигналів  $s_i(t)$ , які описуються через модель:

$$z(t) = s_i(t) + n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1.1)$$

де  $s_i(t) = ku_i(t - \tau)$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) є відомими. Невідомою залишаються тільки завадна реалізація та номер/індекс  $j$  дійсного передаючого радіосигналу, який повинна визначати схема рішень.

Алгоритмічне подання рішень про передавання  $s_i(t)$  має зображення:

$$\int_0^T z(t)s_i(t) dt - 0,5E_i \geq \int_0^T z(t)s_j(t) dt - 0,5E_j, \quad j = 1, 2, \dots, m-1 \quad (1.2)$$

де  $E_j = \int_0^T s_j^2(t) dt$  - значення енергії радіосигналу очікуваного.

Визначення скалярного добутку виду:

$$(\vec{z}, \vec{s}_i) = \int_0^T z(t)s_i(t) dt \quad (1.3)$$

забезпечує засіб обчислення, який трактують як активний фільтр або корелятор. Засіб приймання/виявлення, який реалізує модель (1.1) трактують як кореляційний.

Здійснено аналіз структурної схеми приймального кореляційного засобу, який відображено на рис.1.1.

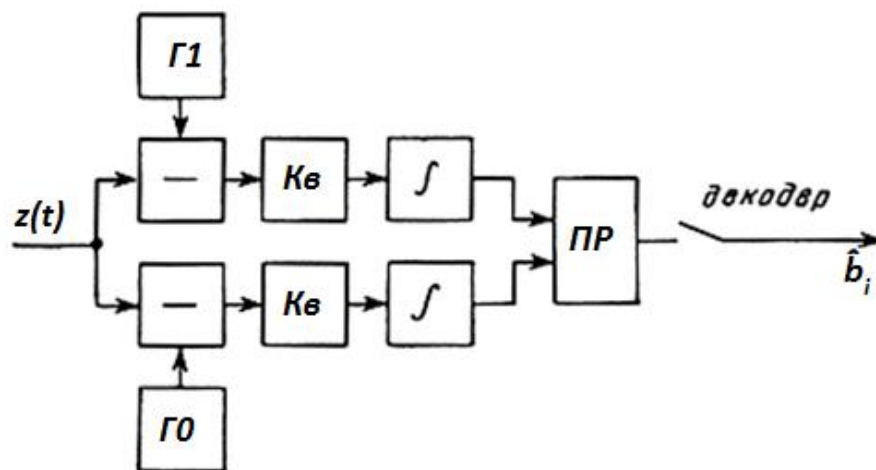


Рис. 1.5. Схема приймального кореляційного засобу [28]

Рис.1.5 містить:  $\Gamma_i$  – блок генерування опорного сигналу  $s_i(t)$ ;  $f$  – інтегратор; « $\leftarrow$ » - віднімаючий блок;  $ПР$  – пристрій приймання рішень, який забезпечую визначення в часовий кратний момент  $T$  (коли замкнута ключ  $k$ ) гілку з max сигналом [28].

Коли радіосигнали  $u_i(t)$  (їхні реалізації  $s_i(t)$ ) ідентичні за значеннями енергій  $E_i = \text{const}$ , тоді алгоритмічний прийом (1.2) є спрощеним (не має потреби засобів віднімання):

$$\max_i \int_0^T z(t) s_i(t) dt. \quad (1.4)$$

У випадку двійкових систем ПДП ( $m=2$ ) з нерівності (1.1) буде лише єдина нерівність, і тоді алгоритм буде спрощеним:

$$\int_0^T z(t) s_1(t) dt - 0,5E_1 > \int_0^T z(t) s_2(t) dt - 0,5E_2, \quad (1.5)$$

або

$$\int_0^T z(t) s_{\Delta}(t) dt > \lambda,$$

де  $\lambda = 0,5(E_1 - E_2)$  – рівень порогу.

$s_{\Delta}(t) = s_1(t) - s_2(t)$  – сигнал різниць.

Коли нерівність (1.5) забезпечує реєстрування тоді буде символ 1, а в іншому випадку – 0. При реалізації треба одну гілку згідно схеми на рис. 1.1.

У випадку систем радіосигналів при однаковому значенні енергії  $\lambda=0$  полегшується процес реалізації приймального засобу оптимального призначення.

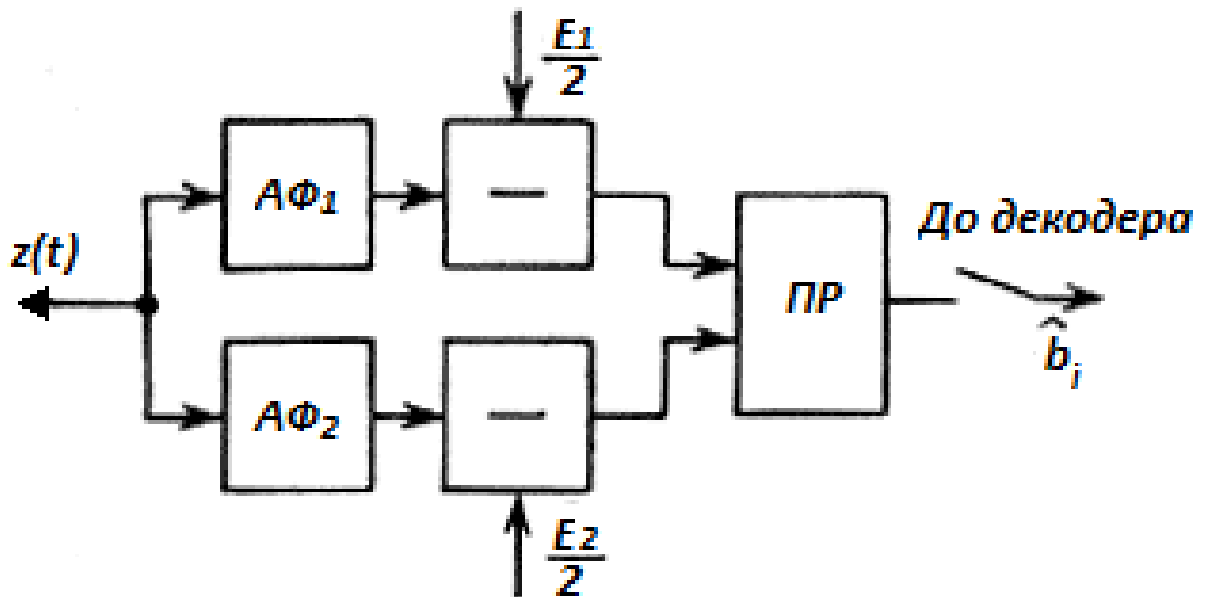


Рис.1.2. Схема оптимального засобу демодуляції з точними відомими сигналами двійковими на підґрунті кореляторів (активних фільтрів) [28]

Проаналізуємо схему (рис.1.3), яка забезпечує реалізацію оптимального алгоритму прийому за відомими сигналами (когерентне приймання) у випадку двійкових систем передавання при використанні однополярних імпульсів (при пасивній паузі):  $s_1(t) = a$ ,  $s_2(t) = 0$ .

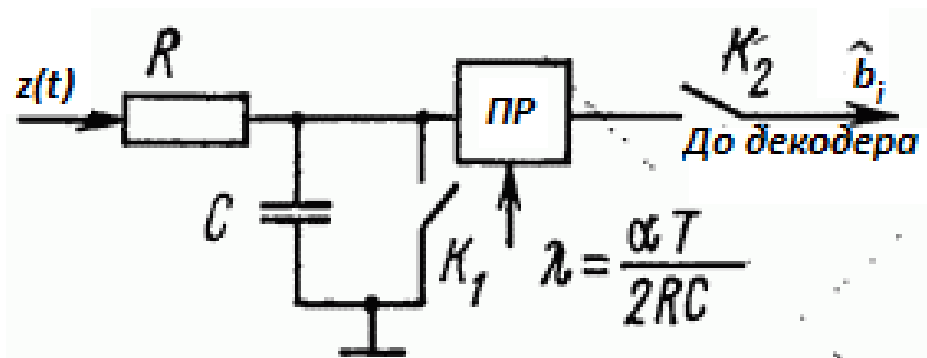


Рис.1.3. Схема оптимального прийому прямокутновидних даних відеоімпульсів двійкових (основою є корелятор з пасивним фільтром) [28]

У випадку таких сигналах  $s_{\Delta}(t) = s_1(t) = a$ ,  $E_1 = a^2T$ ,  $E_2 = 0$ ,  $\lambda = a^2T$  алгоритм прийому матиме вид:

$$\int_0^T z(t) dt > aT/2. \quad (1.6)$$

Інтегральний процес реалізується ланкою  $RC$  за умови  $RC \gg T$ .

Рівень напруги на конденсаторі  $C$  у часовий момент  $T$  (кінець сигналу):

$$V = \frac{1}{RC} \int_0^T z(t) dt .$$

Коли значення напруги  $V$  буде перевищувати значення порогу  $\lambda = aT/2RC$ , який інтегрують до ПР, то до ПР записують 1 (у випадку ключового замикання  $K2$ ), а коли  $V < \lambda$  - записано 0.

Як запис здійснено, то необхідно скидати напругу інтеграторну для прийому наступного елементу радіосигналу. Замикання ключа  $K1$  призводить до розрядження конденсатора  $C$ .

Схему (рис.1.3) застосовується у випадку демодуляційному для двійкової системи передачі імпульсами двополярними (при *активній паузі*):  $s_1(t) = a$ ,  $s_2(t) = -a$ . В такій ситуації  $s_{\Delta}(t) = 2a$ ,  $E_1 = E_2$ ,  $\lambda = 0$ . Вираз алгоритму прийому:

$$\int_0^T z(t) dt > 0. \quad (1.7)$$

ПР трансформується в дискримінаційний засіб полярності, який формує 1 при  $V > \lambda$  та 0 за умови  $V < \lambda$ .

Дві проаналізовані схеми використовують для простіших засобів провідного типу. Для радіоканалів та кабельних сучасних систем застосовують сигнали високочастотної локалізації. Найпростішими є системи двійкового типу з несучою гармонічного виду, а саме АМ системи; де в схему рис.1.3 додатково вводять вузол множення на опорний сигнал, а рівень порогу  $\lambda = aT/4RC$ .

У випадку двійкових систем при ФМ  $\lambda=0$  є системою при активній паузі; де РП – полярностний дискримінатор. При когерентному прийомі сигнал як опорний повинен бути синфазним з прихідним сигналом.

### 1.2.2. Метод фільтрації узгодженої

Фільтри узгоджені (ФУ) застосовують при виявленнях радіосигналів в завадному фоні з метою підвищити параметр відношення сигнал/шум. Задачею ФУ є не реконструкція форми радіосигналу, яка спотворена шумами, а одержання єдиного *відліку*, який уможливить вирішення задача щодо відсутності/присутності на фільтровому вході радіосигналу відомої форми.

Проаналізований раніше приймач кореляційного виду розробляються на основі кореляторів (активних фільтрів), які обчислюють добуток скалярний:

$$(\vec{z}, s_i) = \int_0^T z(t) \cdot s_i(t) dt \quad (1.10)$$

Зазначений добуток скалярний обчислюється також при використанні пасивних лінійних фільтрів при постійних параметрах.

Коли до входу фільтра подати радіосигнал  $z(t)$ , то рівень напруги з фільтруючого виходу обчислюється з виразу:

$$y(t) = \int_0^t g(\tau) z(t - \tau) d\tau,$$

де  $g(\tau)$  – фільтрова реакція імпульсовидна; вона обирається за таких умов коли показник  $y(T)$  співпадає з добутком скалярним (1.10) в часовий момент  $t=T$ . Це можна виконати тоді, коли  $g(t) = s_i(T - \tau)$ , а саме:

$$y(T) = \int_0^T s_i(T - \tau) z(T - \tau) d\tau = \int_0^T s_i(t) z(t) dt = (\vec{z}, s_i).$$

Такий тип фільтрації є узгоджуючою з радіосигналом  $s_i(t)$ , тобто - це фільтрація лінійного виду з параметрами постійного типу та реакцією імпульсною:

$$g(t) = as(t_0 - \tau), \quad (1.11)$$

де  $a$  та  $t_0$  – дві постійні.

$g(t)$  є функцією з відображенням дзеркальним  $s(t)$  по відношенню до точки  $t_0/2$  (рис.1.4).

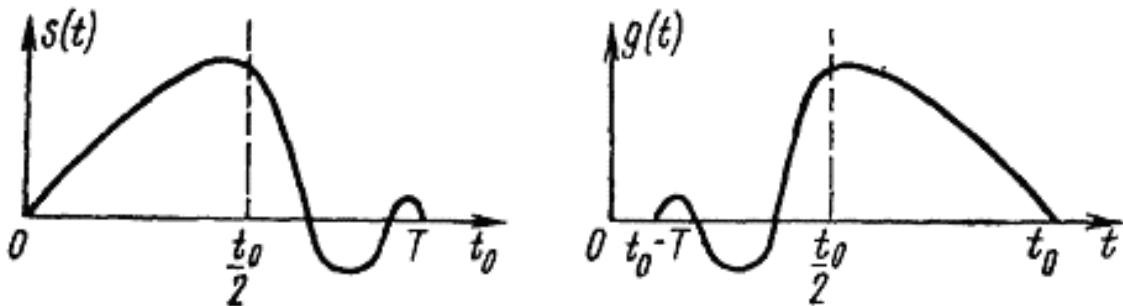


Рис.1.4. Радіосигнал  $s(t)$  та реакція імпульсною  $g(t)$  фільтра лінійного типу, яка є узгодженою з  $s(t)$  [28]

Характеристика ФУ при імпульсній реакції (1.11) є визначеною через Фур'є перетворенням:

$$k(i\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{-i\omega t} dt = a S^*(i\omega)e^{-i\omega t_0}, \quad (1.12)$$

де  $S^*(i\omega)$  – спряжена комплексно зі сигнальною  $s(t)$  густиною спектральною.

АЧХ ФУ є визначеною через АЧХ радіосигналу (ФУ здійснює пропускання частот радіосигналу), ФЧХ є оберненою за знаком до характеристики фазової радіосигналу.



Демодуляційний засіб, який реалізовує алгоритм (1.11) щодо передачі  $s_i(t)$  можна реалізувати при використанні ФУ (рис.1.5).

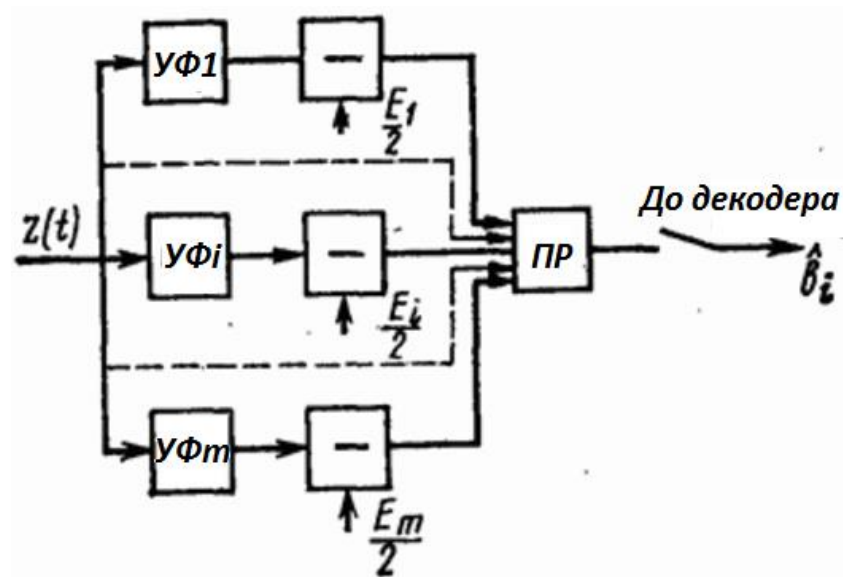


Рис.1.5. Оптимальний демодуляційний засіб на базі ФУ [28]

Реалізація ФУ:

- ФУ для фінітних радіосигналів довільних видів  $s(t)$  реалізуються на базі лінії затримання (радіосигналу на часову одиницю  $T$ ) з відведенням через проміжки  $\Delta t = 1/F_c$  та вузлами зважувань  $a_k = s(k\Delta t)$  [з ряду Котельникова].

- ФУ при прямокутному імпульсі оснащений лінією часової затримки величиною  $T$ , вузол інвертування, сумування та конденсатор.

- ФУ для прямокутного радіоімпульсу має додатковий високої добротності контур коливний.

Демодуляційний засіб із ФУ не має у своєму складі опорного генератора (у порівнянні до демодуляційного засобу з наявним активним фільтром) та в якого відсутні проблеми із когерентністним забезпеченням. Однак в схемі з наявним ФУ наявні труднощі когерентних відліків при наявному ВЧ заповненні радіоімпульсів.

### 1.2.3. Метод некогерентного виявлення

При умові, що значення початкової фази радіосигналу не відоме, а приймає

будь-які значення на інтервалі від 0 до  $2\pi$ , застосовують співвідношення правдоподібностей  $\Lambda_i$  для радіосигналу  $s_i(t)$ :

$$\Lambda_i = I_0\left(\frac{2V_i}{N_0}\right)e^{-h_i^2}, \quad (1.13)$$

де  $h_i^2 = \frac{E_i}{N_0}$ ,  $E_i = \int_0^T s_i^2(t) dt$  - значення енергії очікуваного радіосигналу;

$N_0$  - значення спектральної щільності шуму білого типу;

$I_0(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^{-x \cos(\varphi - \theta)} d\varphi$  - видозмінена Бесселівська функція (I-ий рід);

$\theta$  - випадкове значення фазового каналного зсуву радіосигналу.

Алгоритм некогерентного прийому наступний:

$$\max_i \left[ \ln I_0\left(\frac{2V_i}{N_0}\right) - h_i^2 \right], \quad (1.14)$$

Структуру некогерентного прийому наведено на рис.1.6.

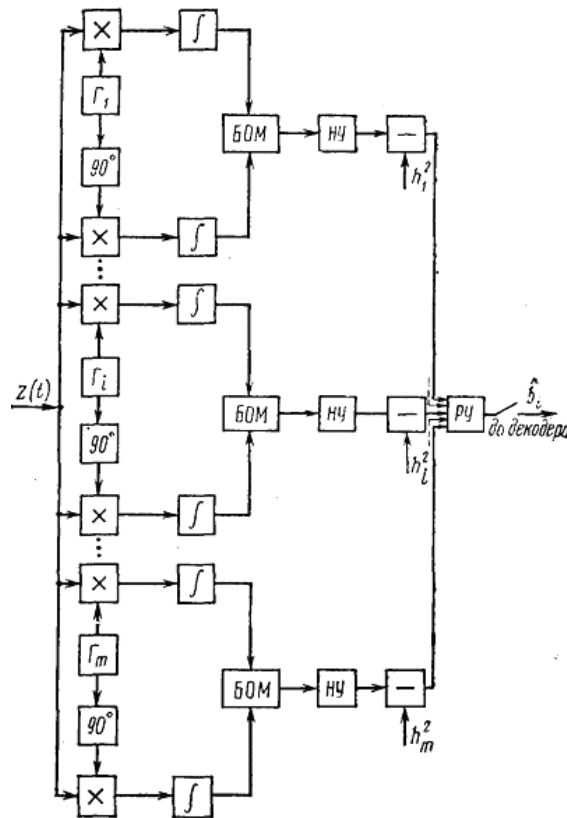


Рис. 1.6. Структура оптимального приймача дискретних радіосигналів з невизначеною фазою радіосигналу [28]

На рис.1.6 позначено:

$\Gamma_i$  – блок генерування опорного сигналу  $u_i(t)$  з значенням точності до значення фази початку;

$90^\circ$  – вузол фазообертача кут  $90^\circ$  градусів (засіб Гільбертового перетворення);

БВМ – вузол обчислення  $V_i = \sqrt{y_i^2 + \hat{y}_i^2}$  при використанні даних складових ортогональних;

НП – нелінійнотипний пристрій безінерційного типу при характеристиці

$$u_{out} = \ln I_0\left(\frac{2}{N_0} u_{in}\right).$$

Також структуру із ФУ наведено на рис.1.7.

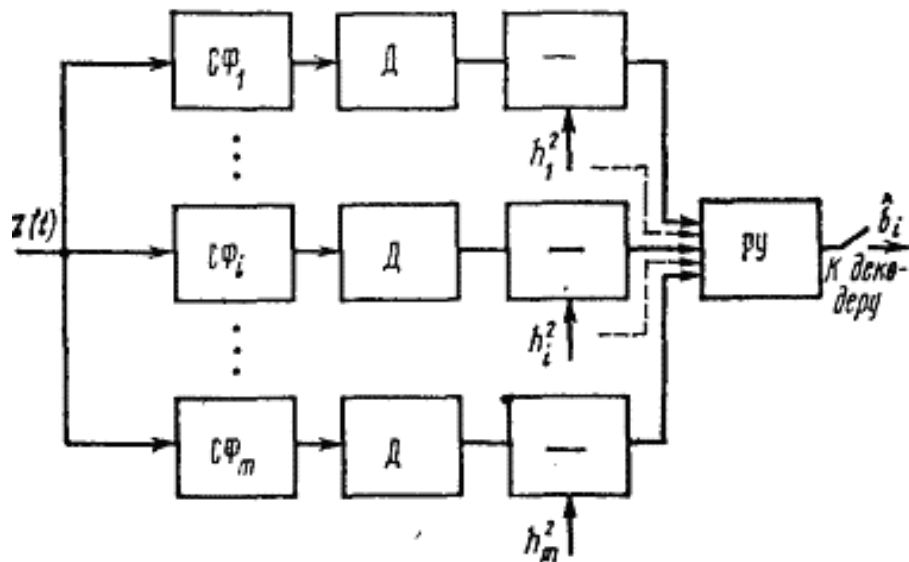


Рис. 1.7. Структура прийому дискретних радіосигналів при застосуванні ФУ за невизначеним значенням фази сигналу [28]

### 1.3. Висновки до розділу 1

Встановлено, що завади в радіолокаціях за своїм впливом спотворюють форми та параметри радіосигналів, що зумовлює розробку та дослідження нових методів достовірного виявлення сигналів серед завад. Ця задача є первинною в процесі аналізу радіосигналів та забезпечує визначення коректності прийому радіосигналів радіолокаційними системами.

Серед існуючих методів аналізу радіосигналів для їх виявлення у завадах виділено когерентне/некогерентне виявлення та фільтрацію узгоджуючу. Ці методи не уможливають процедуру формування на виходах чисельно/кількісно даних достовірності, які забезпечують констатування факти присутності чи відсутності корисних радіосигналів серед завад.

Тому, розробка методу виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем є актуальним науково-технічним завданням.

## РОЗДІЛ 2

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Модель радіосигналів в радіолокації серед завад

Математичне подання реальних каналів спрямоване до обґрунтування моделі радіосигналів на входах/виходах радіолокаційного каналу і їхніх взаємозв'язків. Більшість каналів радіолокаційних та базові їх ланки в різних ступенях є нелінійними. В даній ситуації за модель радіосигналу в радіолокаційних каналах зв'язку подано через адитивне зображення дискретного радіосигналу як корисної складової  $s(i\Delta t)$  та завадної реалізації  $n(i\Delta t)$  відповідно до виразу:

$$\xi(i\Delta t) = s(i\Delta t) + n(i\Delta t). \quad (2.1)$$

Взаємозв'язок радіосигналів на входах системи  $s(t)$  з вихідними сигналами  $\xi(t)$  подано через оператор:

$$\xi(t) = L\{s(t)\}. \quad (2.2)$$

При описі каналів відображення, варто задатися областю  $V_x$  простору функціонального, а саме областю дій на вході, які є дозволеними. Зазначена область відображає поведінку радіосигналів на входах, яка може бути безперервною, дискретною, цифровою, детермінованою або випадковою. Аналогічним чином має бути визначеною область у  $V$  сигналів на виходах.

Якщо система є стаціонарною за умови коли вихідний відгук не є залежним від такої події, а саме часового моменту отримання радіосигналу на входах. Системи стаціонарного виду є системами в яких параметри є сталими. Коли параметри системи є залежними від часового моменту поступлення радіосигналу на входах, то така система буде нестаціонарною.

При найважливішому принципі класифікації каналів радіолокаційних зв'язків констатується те, що системи мають різному щодо впливу суми кількох радіосигналів. Коли системний оператор виразу (2.2) відповідає принципам суперпозицій:

$$\left. \begin{aligned} L[x_1 + x_2] &= L[x_1] + L[x_2] \\ L[\alpha x] &= \varepsilon L[x] \end{aligned} \right\}, \quad (2.3)$$

де  $\alpha$  – будь-яке число.

Коли умова виразу (2.2) не виконується, тоді система є нелінійного типу.

Отже усі фізичні канали радіолокаційних зв'язків та їх вузли (компоненти) переважно є нелінійними.

В запропонованій моделі радіосигнал  $s(t)$  є схильним до впливу адитивного завадної реалізації  $n(t)$ . Завадна реалізація формується через сторонні електричні перешкоди, електронні компоненти та підсилювальні компоненти радіолокаційної системи. Такий тип завадної реалізації ідеально описується білим шумом (БШ).

БШ є різновидом стаціонарного стохастичного процесу (СП)  $n(i\Delta t)$ , якому притаманний опис його через функцію-дельта (Дірака). В БШ спектральна щільність потужності є залежною від значення частоти та характеризується константним значенням  $W(f) = \sigma^2$ , яке дорівнює дисперсії завадної реалізації  $n(i\Delta t)$ . Увесь частотний склад БШ має ідентичне значення потужності, оскільки білий відтінок складається з всіх кольорів спектру видимого. По факту, це ідеалізований СП з характерним нескінченим значенням енергії. Коли спектральна щільність потужності для ВП є константою, тоді розробка достовірних методів фільтрації для виявлення радіосигналів є простою.

Коли спектр в якому локалізуються радіосигнали є рівним 0-В, тоді спектральна щільність завади можна описати через формулу:

$$W_n(f) = \sigma^2, \quad 0 \leq f \leq B; \quad W_n = 0, \quad f > B, \quad (2.4)$$

функція кореляції завадної реалізації визначається формулою:

$$R_n(\tau) = \sigma^2 B \sin(2\pi B \tau) / 2\pi B \tau. \quad (2.5)$$

Кореляційний інтервал рівний:

$$T_k = 2 \int_0^{\infty} |R_n(\tau)| d\tau / R_n(0). \quad (2.6)$$

Реальна тривалість кореляції переважно визначається за шириною max функції  $R_n(\tau)$ , в якій є зосереджена головна частка завадної енергії. В такій ситуації  $T_k = 1/B$  і  $BT_k = 1$ .

Як видно з усіх вище формул та наочності подання на рис.2.1, за обмеження частотної смуги в завадних реалізацій появляється деякий рівень кореляції. При меншій смузі частот завадної реалізації, стає більшим діапазон кореляції. По факту, така обмеженість завадної реалізації смугою частот є еквівалентна фільтруванню шуму білого деяким фільтром смуговим з заданою смугою пропускань. В такій ситуації функція кореляції функція відгуку імпульсного виду є згорнутою з дельта, тобто через функцію БШ.

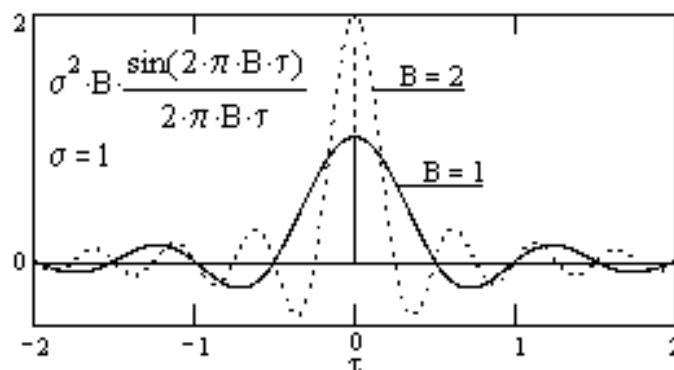


Рис. 2.1. Функція кореляції БШ діапазону  $0 - B$

В якості моделі дискретного БШ  $n(i\Delta t)$  використано формулювання

стохастичної в часі дельта послідовностей  $\delta(k\Delta t)$  з стохастичними амплітудами  $a_k$  :

$$n(i\Delta t) = \sum_{k=1}^N a_k \delta(i\Delta t - k\Delta t), \quad (2.7)$$

Така модель відповідає умові однорідності статистичного характеру: константа середня кількість імпульсів впродовж одиниці часу та незалежність статистичного типу щодо появ кожного наступного імпульсу в прямій залежності. Тип такого імпульсного потоку імпульсів є пуассоновим та характеризується некореляційністю зв'язків з рівномірно розподіленою щільністю потужності виду:

$$W_n(\omega) = c^2 = N\sigma_a^2, \quad (2.8)$$

де  $N$  - кількість імпульсів в межах  $T$ ;

$\sigma_a^2$  - рівень дисперсії для амплітуди імпульсу(ів).

## 2.2. Метод виявлення радіосигналу та оцінювання рівня достовірності

На підставі попереднього аналізу встановлено, що радіосигнал розглядається як ВП, зокрема адитивна суміш корисного радіосигналу та завадної реалізації:

$$\xi(i\Delta t) = s(i\Delta t) + n(i\Delta t), \quad (2.9)$$

де  $s(i\Delta t)$  - дискретний радіосигнал (корисний),

$n(i\Delta t)$  - завадна реалізація.

Використовуючи результати праці [7,31] аналогічно подано вираз (2.9) як:



$$\xi(i\Delta t) = A \cdot s(i\Delta t) + n(i\Delta t), \quad (2.10)$$

де  $A$  – показник, який приймає два значення ( $A \in \{0,1\}$ ).

Показник  $A$  здатен приймати два значення:  $A=1$  (в  $\xi(i\Delta t)$  є радіосигнал) і  $A=0$  (в  $\xi(i\Delta t)$  не має радіосигналу). В такій ситуації, процес достовірного виявлення радіосигналу серед завад розглядається як задача при перевірці гіпотез  $H_0$  та  $H_1$ :

$$H_0 : \xi(i\Delta t) = s(i\Delta t) + n(i\Delta t) \quad - \text{радіосигнал присутній};$$

$$H_1 : \xi(i\Delta t) = n(i\Delta t) \quad - \text{радіосигнал відсутній}.$$

БШ характеризується в такому випадку рівномірним спектром щільності потужності  $N_0$  (Вт/Гц) в діапазоні частот та нормальною функцією розподілення, аналогічно до праці [13].

Величина спектральної щільності потужності БШ визначається з формули:

$$N_0 = \Delta t D = \frac{\Delta t \sum_{i=1}^m (\xi(i\Delta t) - s(i\Delta t))^2}{m-1}, \quad (2.11)$$

де  $m$  – число відліків;

$D$  – величина дисперсії,

Базовим показником ВП є імовірність, а саме функція розподілення імовірності, яка описує рівень залежності ВВ від величини імовірностей їх появ.

Функція розподілення завадної реалізації виду БШ при  $m$  відліках обчислюється формулою:

$$W(\xi(i\Delta t)|H_1) = \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^m \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^m \xi^2(i\Delta t) \right). \quad (2.12)$$

В такій ситуації функція  $W(\xi(i\Delta t)|H_1)$  для реалізації як адитивної суміші обчислюється через формулу:

$$W(\xi(i\Delta t)|H_0) = \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^m \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^m (\xi^2(i\Delta t) - s(i\Delta t))^2 \right), \quad (2.13)$$

де  $\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{N_0}$  - величина СКВ.

При застосуванні Баєса концепції одержано співвідношення розподілів для (2.12-2.13):

$$\Lambda = \frac{W(\xi(i\Delta t)|H_0)}{W(\xi(i\Delta t)|H_1)} = \exp\left\{ \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi(i\Delta t)s(i\Delta t) - \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^m s^2(i\Delta t) \right\} \underset{H_1}{\overset{H_0}{>}} \Lambda_0, \quad (2.14)$$

де  $\Lambda_0$  - величина порогу.

При логарифмуванні формули (2.14) та при врахованні монотонності з характерним зростанням функції логарифмічної отримано:

$$q = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi(i\Delta t)s(i\Delta t) - \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^m s^2(i\Delta t) \underset{H_1}{\overset{H_0}{>}} \ln(\Lambda_0), \quad (2.15)$$

При виявленні радіосигналу  $s(i\Delta t)$  серед завад  $n(i\Delta t)$  варто визначити попередньо відомості, зокрема значення енергії радіосигналу, яка забезпечує розрізнення радіосигналу від інших сигналів.

В такому випадку для обчислення енергії сигналу-еталону використано формулу:

$$E = \Delta t \sum_{i=1}^m s^2(i) = \text{const}. \quad (2.16)$$

При підставленні формули вираз (2.16) в (2.15) отримано:

$$q = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi(i\Delta t) s(i\Delta t) \underset{H_1}{\overset{H_0}{\gtrless}} \frac{E}{N_0} + \ln(\Lambda_0) = U_0, \quad (2.17)$$

де  $U_0$  - абсолютний рівень порогу.

Коли  $q > U_0$  буде прийнято рішення про присутність радіосигналу, а коли  $q < U_0$  - відсутність.

Коли радіосигнал є присутнім (виконання гіпотези  $H_1$ ), тоді  $q$  буде рівний:

$$q(\xi/H_0) = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m (s(i\Delta t) + n(i\Delta t))s(i\Delta t), \quad (2.18)$$

з нормальною щільністю імовірності  $p(q/H_1)$  та статистиками:

$$m_{\xi/H_0} = M\{q(\xi/H_0)\} = \frac{2E}{N_0}, \quad D_{\xi/H_0} = M\{(q(\xi/H_0) - m(\xi/H_0))^2\} = \frac{2E}{N_0} \quad (2.19)$$

Коли радіосигнал є відсутнім (виконання гіпотези  $H_0$ ) -  $q$  рівне:

$$q(\xi/H_0) = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m n(i\Delta t)s(i\Delta t) \quad (2.20)$$

з нормальною щільністю імовірності  $p(q/H_1)$  при статистиках:

$$m_{\xi/H_0} = M\{q(\xi/H_1)\} = 0, \quad D_{\xi/H_0} = M\{q^2(\xi/H_1)\} = \frac{2E}{N_0} \quad (2.21)$$

Щільності імовірності  $p(q/H_0)$  і  $p(q/H_1)$  зображено на рис. 2.2.

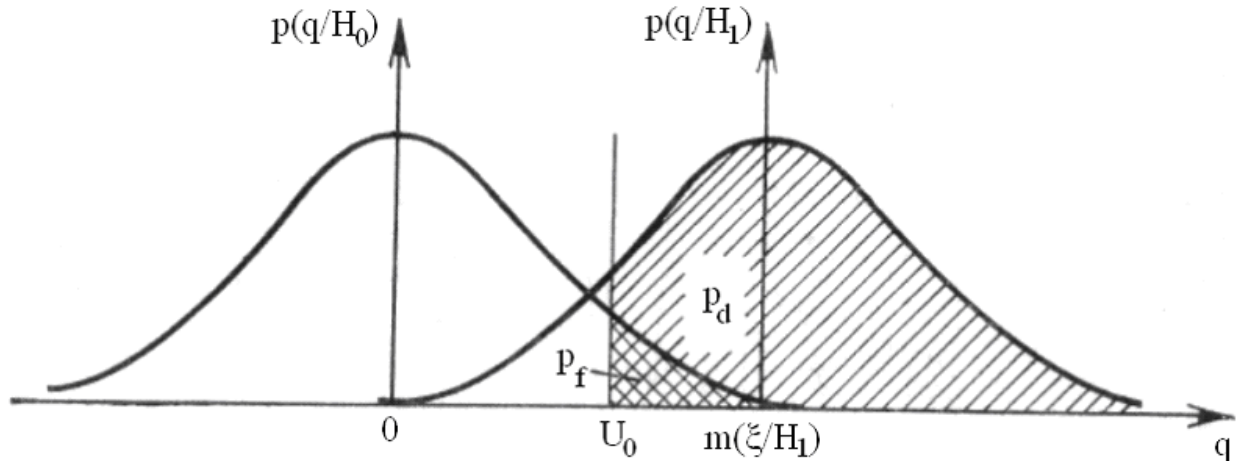


Рис.2.2. Реалізації нормальних щільностей імовірностей  $p(q/H_1)$  та  $p(q/H_0)$

За кінцевих значень енергій радіосигналу та БШ процес вибирань рішень гіпотез  $H_1$  чи  $H_0$  супроводжений помилками, зокрема:

- Радіосигналу не має, а БШ за рівне перевищує поріг  $U_0$ . Рішення прийнято не вірно (1-ий рід помилки);
- Радіосигнал є, але БШ не більше порогу  $U_0$ . Рішення прийнято щодо відсутності не вірно (2-ий рід помилки).

Згідно теорії виявлень сигналів 1-ий рід помилки називають як імовірність хибних рішень та обчислюється з формули [7,26]:

$$\begin{aligned}
 p_f &= \int_{U_0}^{\infty} p(q | H_1) dq = \int_{U_0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \exp\left(-\frac{q^2}{2E / \sigma^2}\right) dq = \\
 &= \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \int_0^{U_0} \exp\left(-\frac{q^2}{2E / \sigma^2}\right) dq = \frac{1}{2} [1 - \Phi\left(\frac{U_0}{\sqrt{2E / \sigma^2}}\right)]
 \end{aligned} \quad , \quad (2.22)$$

де  $p(q | H_1)$  - умовна щільність імовірнісного розподілення величини  $q$  за відсутністю радіосигналу;

$\Phi$  – імовірнісний інтеграл  $\Phi(x) = \text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-q^2} dq$ ;

$l$  - рівень порогу відносного  $l = \frac{U_0}{\sqrt{N_0 E}} = \frac{U_0}{\sqrt{2\sigma}}$ .

В такому випадку величина імовірності правильних рішень (гіпотеза  $H_0$ ) обчислюється формулою [26]:

$$P_d = \int_{U_0}^{\infty} p(q | H_1) dq = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \int_0^{U_0} \exp\left(-\frac{(q - 2E / \sigma^2)^2}{2E / \sigma^2}\right) dq =$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \int_0^{\frac{U_0 - 2E / \sigma^2}{2E / \sigma^2}} \exp(-q^2) dq = \frac{1}{2} \left( 1 - \Phi\left(\frac{U_0}{\sqrt{2E / \sigma^2}} - \sqrt{\frac{2E}{\sigma^2}}\right) \right), \quad (2.23)$$

де  $p(q | H_0)$  - умовна щільність імовірності розподілення значень  $q$  коли присутній радіосигнал.

Через помилкові рішення відбуваються небажані і важкі наслідки, а саме недостовірність передавання радіосигналів, тому розглянуто лише рішення за яких за заданих значень імовірності хибних тривог  $p_f$  величина імовірності правильних рішень  $p_d$  буде максимальною – Нейман-Пірсон та його розроблений критерій [7, 31].

З формули (2.22) за заданого значення мінімальної імовірності  $p_f$  та при врахуванні формули (2.17) визначено поріг відносний  $U_0$ :

$$U_0 = \sqrt{\frac{2E}{N_0}} \Phi^{-1}(1 - 2p_f) + \frac{E}{N_0}. \quad (2.24)$$

Підстановка формули (2.22) в (2.23) та врахуванні непарності  $\Phi(x)$ , одержано формулу числення достовірності:

$$p_d = \frac{1}{2} \left( 1 + \Phi \left( \frac{\sqrt{\frac{2E}{N_0}}}{2} - \Phi^{-1}(1 - 2p_f) \right) \right). \quad (2.25)$$

Формули (2.25) та (2.22) відображають те, що значення імовірності хибних рішень (помилки)  $p_f$ , аналогічно до імовірності коректного виявлення  $p_d$ , залежать від відношень порогу  $U_0$  та піку величини сигнал-шум  $\sqrt{2E/N_0}$ .

В такій ситуації рівень достовірності  $p_d$  залежить від рівня помилки  $p_f$  та порогу  $U_0$ .

### 2.3. Алгоритм виявлення радіосигналу та оцінювання рівня достовірності

Компоненти обчислювальні методу, який забезпечує з підвищеним рівнем достовірності  $p_d$  та при мінімальній помилці  $p_f$  виявити радіосигнал серед завад, такі:

- 1) Процес формування відношень правдоподібностей суміші  $\xi(i\Delta t)$  та окремо завади  $n(i\Delta t)$ ;
- 2) Процес порівняння відношень з величиною порогу  $U_0$ ;
- 3) Процес приймання рішень (відсутній/присутній).

Усі зазначені обчислювальні компоненти реалізують алгоритм виявлення радіосигналів, який наведено на рис. 2.3.

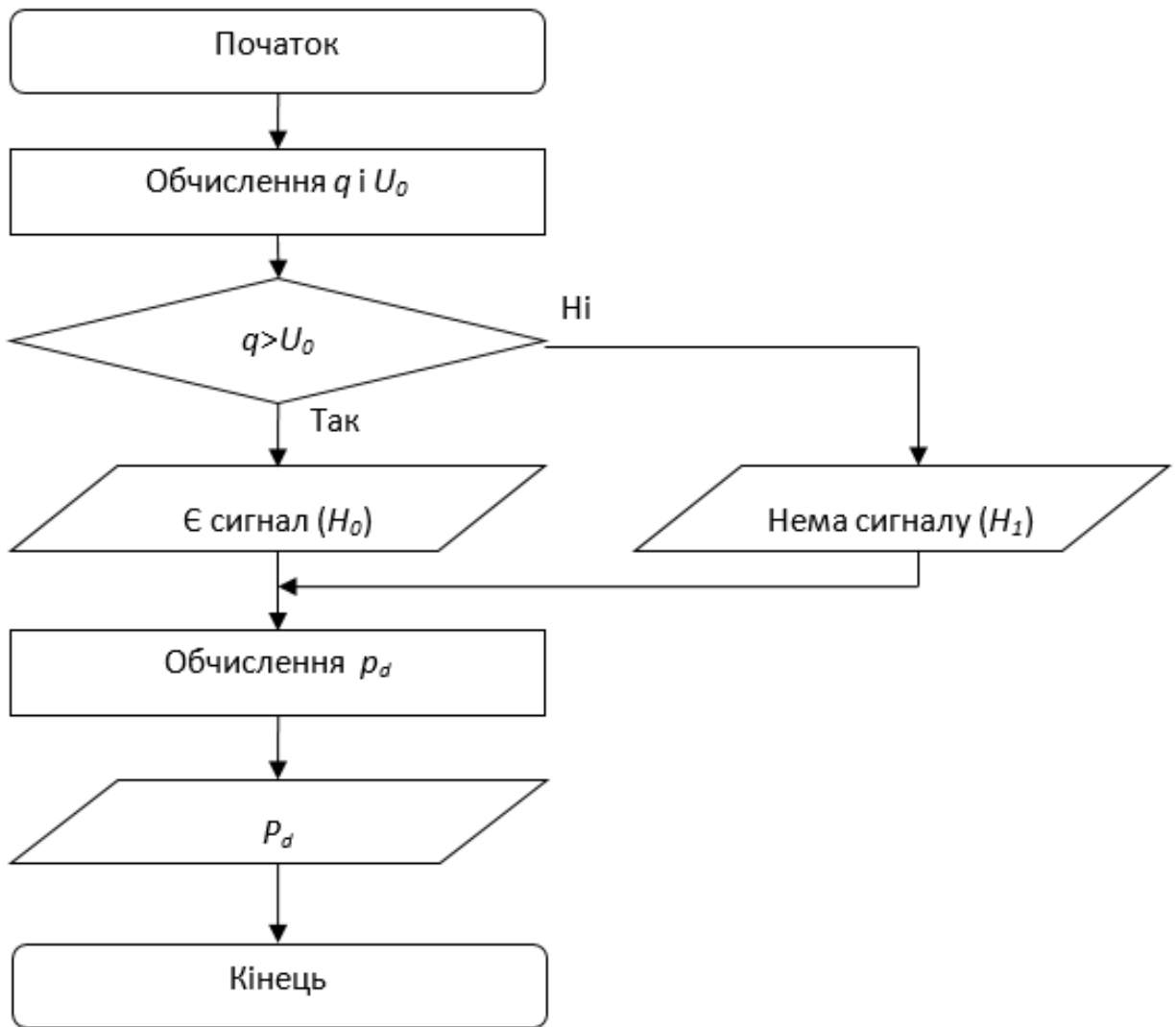


Рис. 2.3. Алгоритм достовірного виявлення радіосигналу серед завад в радіолокаційних системах

На підґрунті алгоритму зображеного на рис.2.4 розроблено структуру виявлення радіосигналу у завадах.

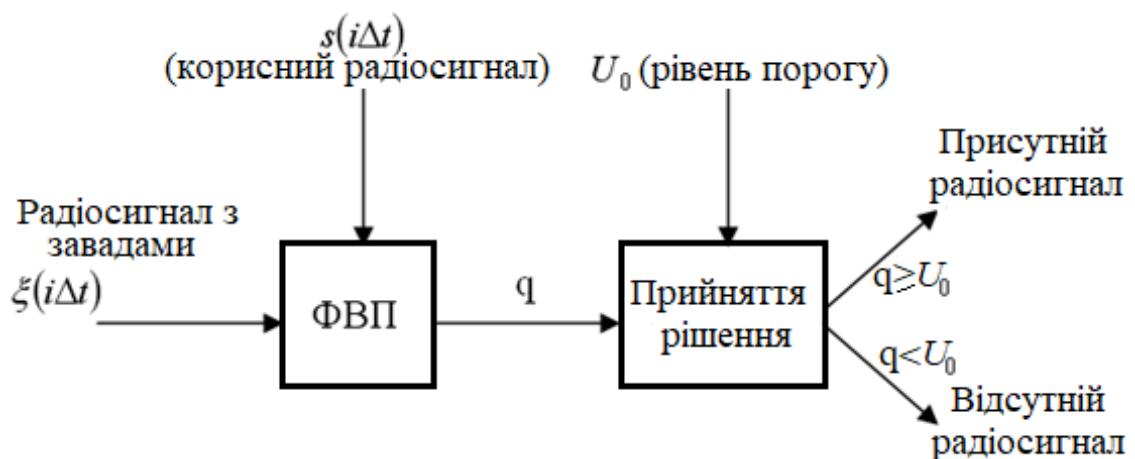


Рис. 2.4. Структурна схема виявлення радіосигналу у завадах

Отже, достовірний метод виявлення радіосигналів  $s(i\Delta t)$  при застосуванні критерію Неймана-Пірсона базується на процедурі обчислення відношень правдоподібностей з подальшим порівнянням з величиною порогу  $U_0$  і в результаті формувати висновок про відсутність (не перевищення порогу) або присутність (перевищення порогу) радіосигналу.

#### 2.4. Висновки до розділу 2

Здійснено обґрунтування структури математичної моделі радіосигналів як суміш радіосигналу корисного та завади для її аналізу при виявленні корисної складової серед завад.

Розроблено метод/алгоритм виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад при різних помилкових рішеннях (0,001;0,01;0,1) для радіолокаційних систем при застосуванні критерію Неймана-Пірсона, відношення правдоподібностей та енергетичних показників умовних корисних радіосигналів.



## РОЗДІЛ 3

### НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Блок-схема програмного коду виявлення радіосигналів серед завад

Блок-схему програмного коду виявлення радіосигналів зображено на рис. 3.1.

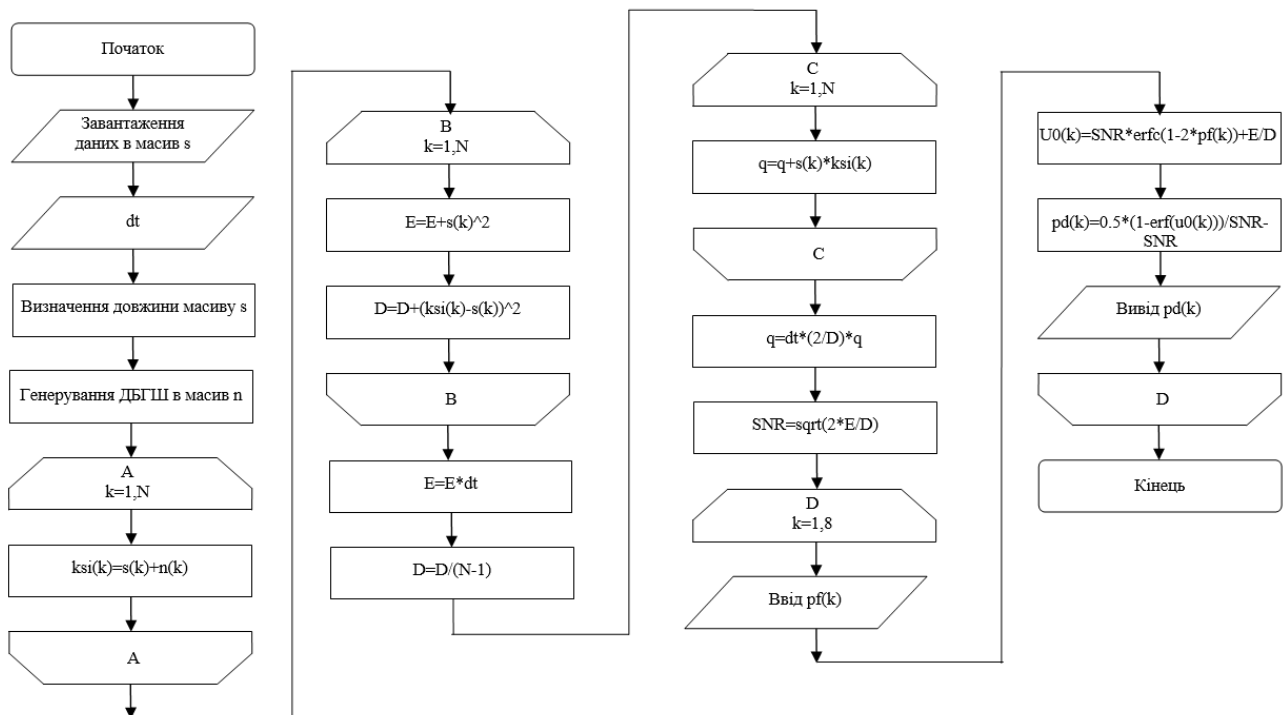


Рис. 3.1. Блок-схема програмного коду достовірного виявлення радіосигналів

Блок-схема базується на операціях:

- 1) Процес завантаження даних радіосигналу;
- 2) Процес формування даних БШ;
- 3) Процес додавання даних радіосигналу та даних БШ;
- 4) Процес обчислення енергії корисного радіосигналу;
- 5) Процес обчислення показника дисперсії БШ;
- 6) Процес обчислення значення відношення функції правдоподібності;
- 7) Процес обчислення значення відношення сигнал-шум;

- 8) Процес обчислення порогу;
- 9) Обчислення рівня достовірності присутності радіосигналу.

### 3.2. Програмний код достовірного виявлення радіосигналів

Для організації експериментальних досліджень при виявленні радіосигналів потрібно розробити зручний для користувачів програмний код з необхідними функціональними компонентами та можливістю аналізу радіосигналу та його виявлення.

Основні функції програмного коду:

- процес завантаження радіосигналів;
- додавання БШ до радіосигналів;
- обчислення рівня достовірності;
- графічна можливість відображення кривих виявлення.

Оболонка GUIDE, яка інтегрована в MATLAB забезпечує розробку програмного коду для досліджень виявлень радіосигналів.

Первинним вікном розробки інтерфейсу програмного коду при виконанні команди `guide` вікно, яке наведено на рис.3.2.

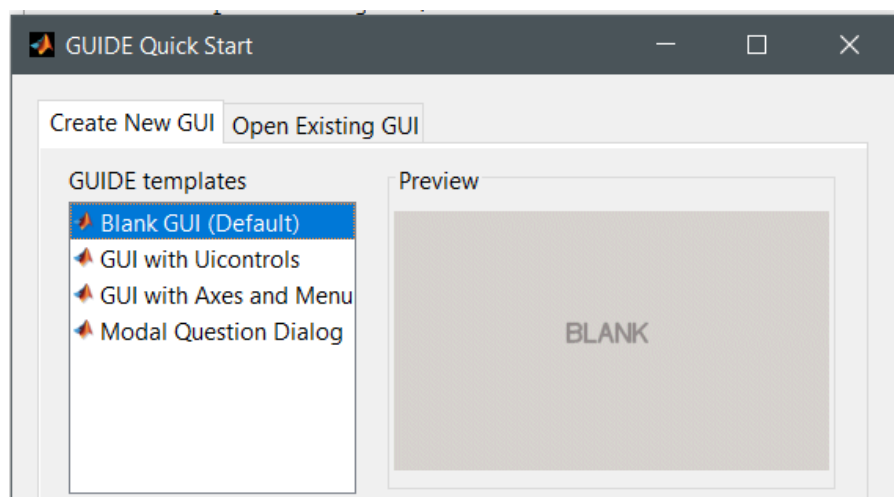


Рис. 3.2. Первинне вікно розробки інтерфейсу програмного коду

Після обирання бланку (Default) завантажено робоче вікно (рис. 3.3), яке буде фреймом для розміщення компонентів керування та візуалізацій.

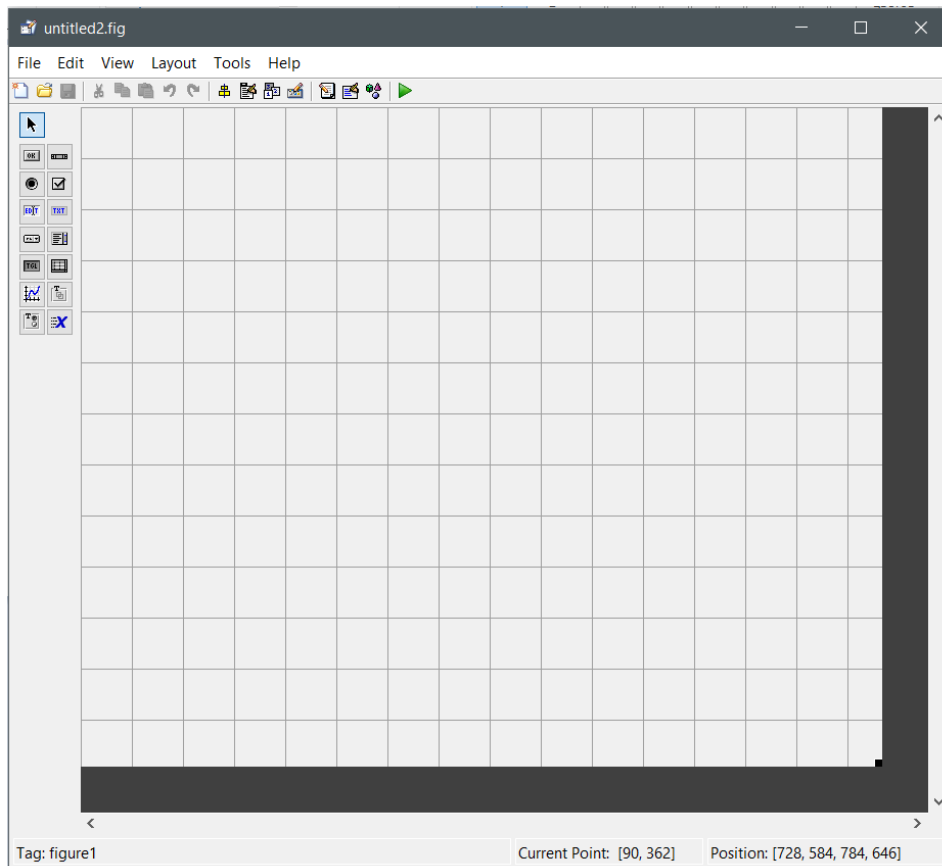


Рис. 3.3. Фреймове вікно

Для розробки графічного дизайну програмного засобу використано такі компоненти:

- Edit Text (9 штук),
- Frame (1 штука),
- Text (19 штук),
- Pushbutton (1 штука),
- Axes (для графіків) (2 штуки).

При використанні робочої панелі та зазначених компонентів розроблено графічний інтерфейс програмного коду, який відображено ілюстративно на рис. 3.4.

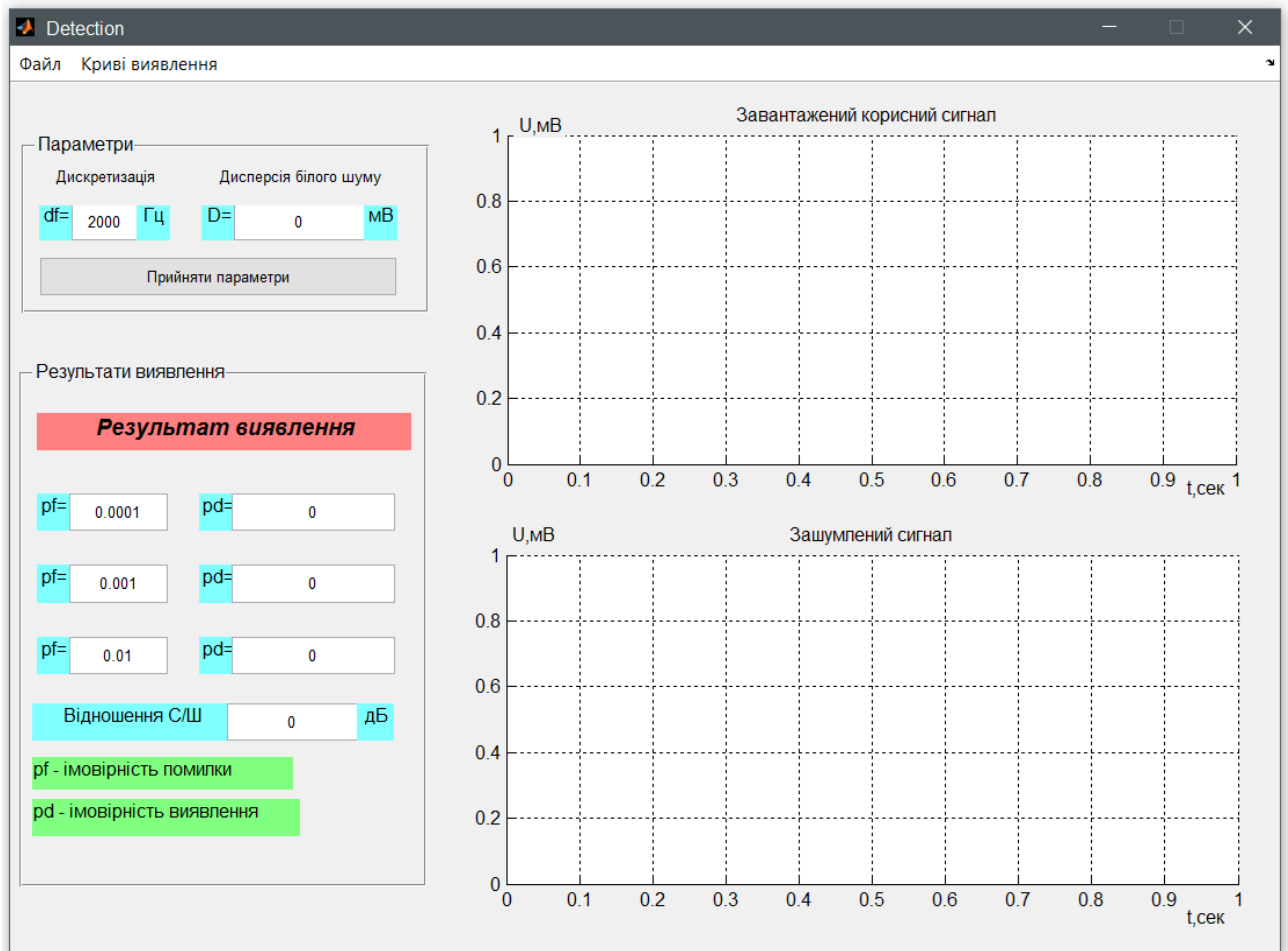


Рис. 3.4. Інтерфейс програмного забезпечення для достовірного виявлення радіосигналів

Кожному з компонентів присвоєна відповідна програмна функція.

Для завантаження даних до пам'яті комп'ютера та аналізу даних радіосигналів розроблено меню при використанні Menu Editor (рис. 3.5).

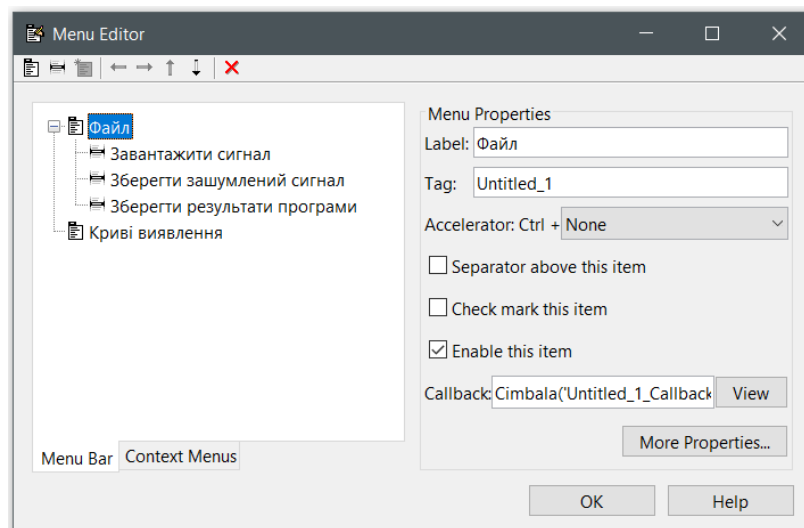


Рис. 3.5. Меню програмного коду

Процес завантаження даних радіосигналів здійснюється кодом функції `function Untitled 3 Callback`.

Базовою функцією завантаження даних радіосигналів є функція виду `[datradiosign, dirdatradiosign]=uigetfile(a1,a2)`, де `a1` є розширенням файлу даних радіосигналу, а `a2` – назвою вікна. Вигляд коду:

```
[datradiosign, dirdatradiosign] = uigetfile('*.dat;', 'Завантажити сигнал');
```

Результат завантаження даних радіосигналу наведено на рис.3.6.

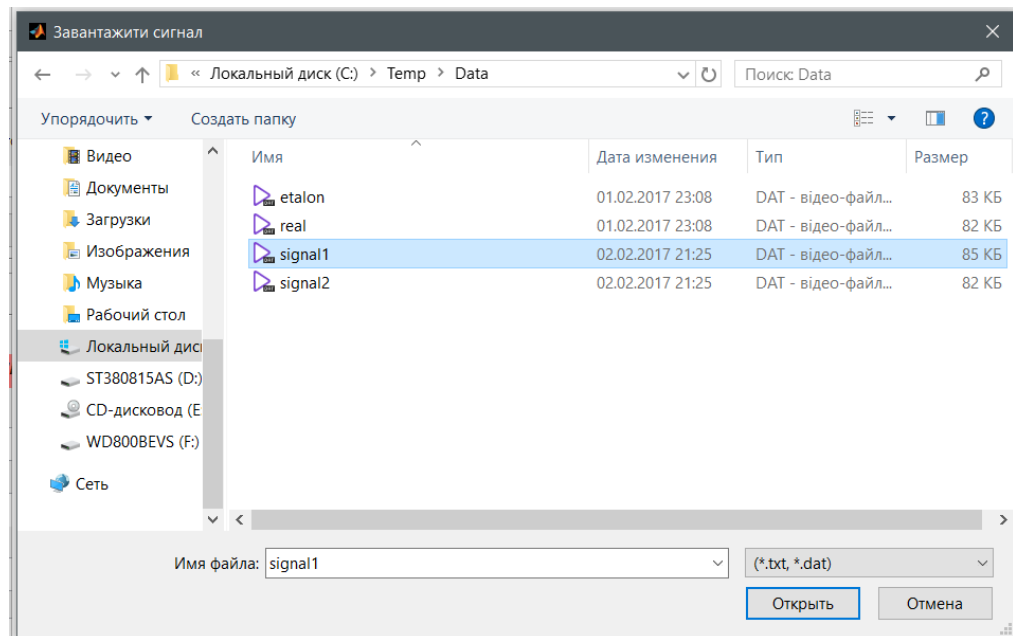


Рис. 3.6. Вікно вибору даних радіосигналу для завантаження

Коли не вибрано файлу, тобто довжина назви менше 1, то завантаження даних радіосигналу не відбудеться. Все це передбачено кодом:

```
if length(datradiosign)>=1
dirrдио=[dirdatradiosign datradiosign];
end;
```

При застосуванні команди `load` здійснюється зчитування даних і збереження цих даних до змінної `datradiosign` і глобальну змінну

компонента `pushbutton1`:

```
dataradiosign=load(dirradio);
set(handles.pushbutton1,'userdata', dataradiosign);
```

З параметру `value` компонента `edit1` здійснено завантаження/збереження показника часу дискретизаційного до локальної зміни `dtradiosign` та подальше формування масиву відліків часу під зміну зміною `tradiosign`.

```
dtradiosign=1/get(handles.edit1,'value');
tradiosign=(0:(length(dataradiosign)-1))*dtradiosign;
```

Дані радіосигналів графічно відображаємо на компонентах `axes1/axes2` при застосуванні команди функціної `plot`:

```
axes(handles.axes1);           % Фрейм для відображення
plot(tradiosign, dataradiosign);
axes(handles.axes2);           % Фрейм для відображення
plot(tradiosign, dataradiosign));
```

Передбачено ввід значень завадної дисперсії у компонент `string` параметр `edit2` для зміни потужності завадної реалізації у суміші з радіосигналом, який передбачено візуалізувати на фреймі `axes2`.

Активація прийняття параметрів та відображення графічних залежностей радіосигналів виконується функцією `pushbutton1_Callback`, яка відповідає за запуск програми після натиснення кнопки.

При натисненні кнопки радіосигнальні дані з параметру `userdata` компонента `pushbutton1` зберігаються до змінної `dataradiosign` та до змінних локальні `dtradiosign` та `Dn` записуються дискретні часи дискретизації та рівень завадної дисперсії.

```

dataradiosign =get(handles.pushbutton1,'userdata');    % дані PC
dtradiosign=1/str2num(get(handles.edit1,'string'));    % dt PC
Dn=str2num(get(handles.edit2,'string'));              % завадна дисперсія

```

Для генерування завадної реалізації з нормальним розподіленням застосовано функцію `normrnd`, з синтаксисом:

```
zavada=normrnd(Mzavada,STDzavada,stovp,str)
```

При такому синтаксі генерується завадна реалізація при нормальнорозподілених значеннях з центром `Mzavada`, відхиленням `STDzavada` та матрицю `stovp` н `str`.

Код генерування завадної реалізації наступний:

```
zavada =normrnd(0,Dn,length(dataradiosign),1);
```

Код адитивного зашумлення радіосигналу завадною реалізацією `zavada` наступний:

Базуючись на адитивній моделі зашумлено корисний сигнал згенерованою завадою, і зберігаємо під локальну змінну `ksi`.

```

for numer=1:length(dataradiosign)
    ksi(numer)= dataradiosign(numer)+ zavada (numer);
end;

```

В подальшому числові зашумленні адитивно завадною реалізацією дані радіосигналу відображаємо на фреймі `axes2` згідно коду:

```

axes(handles.axes2);    % Фрейм для графіку суміші
plot(tradiosign,ksi);    % Графік суміші

```

Код обчислення енергетичного показника радіосигналу:

```

Energyradio=0;
for numer=1:length(dataradiosign)
    Energyradio=Energyradio+dataradiosign(numer)^2;
end;
Energyradio=Energyradio*dtradiosign;

```

Код обчислення потужності БШ:

```

powerzavada=0;
for numer=1:length(dataradiosign)
    powerzavada=powerzavada+(ksi(numer)-dataradiosign(numer))^2;
end;
powerzavada=powerzavada/(length(dataradiosign)-1);

```

При обчислених енергетичному показнику радіосигналу та потужності завадної реалізації обчислюємо співвідношення правдоподібностей та зберігаємо до змінної qout:

```

qout=0;
for number=1:length(dataradiosign)
    qout=qout+dataradiosign(number)*ksi(number);
end;
qout= dtradiosign*(2/powerzavada)*qout;

```

Наперед задано значення помилок і виведено їх на екран через компонент edit згідно коду:




```
pf(1)=str2num(get(handles.edit1,'string'));
pf(2)=str2num(get(handles.edit3,'string'));
pf(3)=str2num(get(handles.edit5,'string'));
```

При застосуванні формули (2.24) обчислено рівень порогу за різних помилок та з формули (2.25) обчислено показник достовірності при різних рівнях порогів згідно коду:

```
for number=1:3
    u0(number)=SNR*erfc(1-2*pf(number))+ Energyradio/powerzavada;
    pd(number)=0.5*(1-erf(u0(number)/SNR-SNR));
end;
```

Після обчислення відношень правдоподібностей і відносних порогів, здійснено вибір рішення по визначення присутності або відсутності сигналу.

```
if qout>=u0(1)
    rezult='Сигнал присутній';
else
    rezult='Сигнал відсутній';
end;
```

Натиснення пункту меню  і вибирання в Menu Editor „Криві виявлення” (рис.3.7) при подальшому натисненні кнопки View перейдено до функції `function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)`, яка забезпечує побудову графічної залежності SNR/Pd.

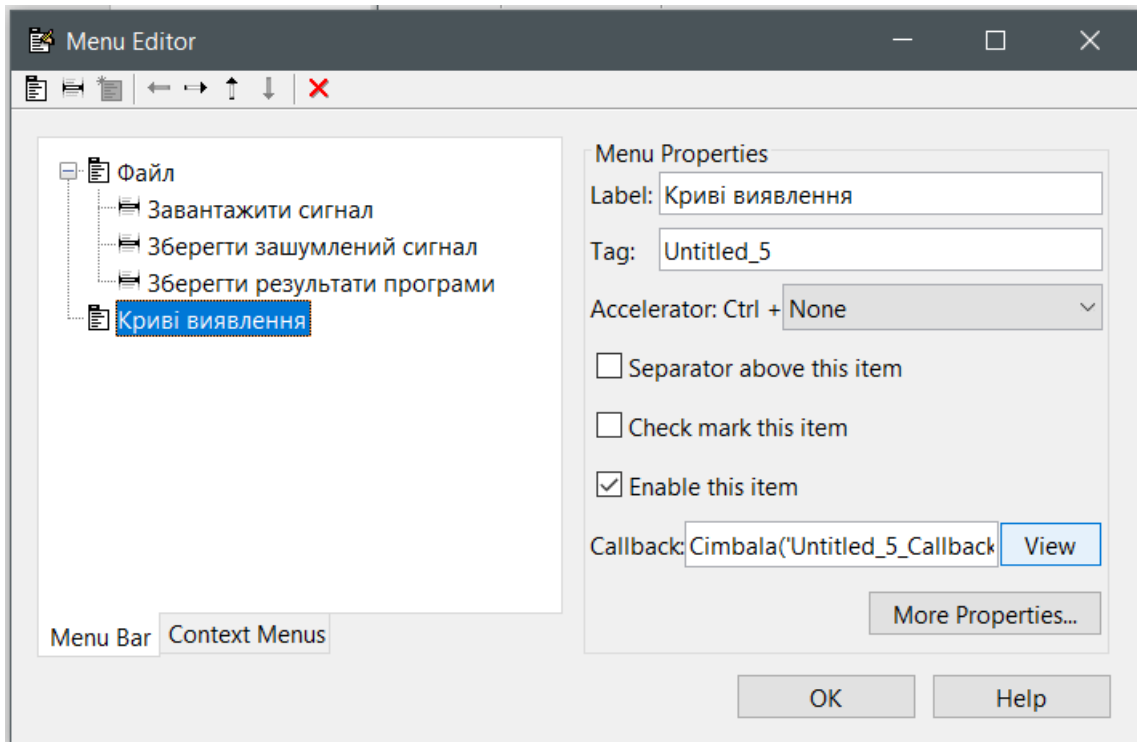


Рис. 3.7. Меню „Криві виявлення”

Використання формул (2.24) і (2.25) обчислено рівень достовірності за різних помилок та відношень  $2E/N_0$  згідно коду:

```

for number=1:3
    lev=0;
for powerzavada=round(Energyradio):-0.1:0.1
    lev=lev+1;
    SNR(lev)=sqrt(2* Energyradio/powerzavada);
    u0=SNR(lev)*(1-erfc(1-2*pf(number)))+ Energyradio/powerzavada;
    pd(lev,number)=0.5*(1-erf(u0/SNR(lev)-SNR(lev)));
end;
end;

```

За результатами коду буде сформована масив  $pd(lev,number)$  з значеннями достовірностей за  $number$  помилок.

Обчислений масив збережено у файл, який слугуватиме як буфер обміну між підпрограмами згідно коду:

```
dlmwrite('D:\',pd, '');
```

В подальшому буде запущено підпрограму PdSNR, яка організовує побудову характеристик виявлення радіосигналу в діалоговому вікні, яке зображено на рис. 3.8.

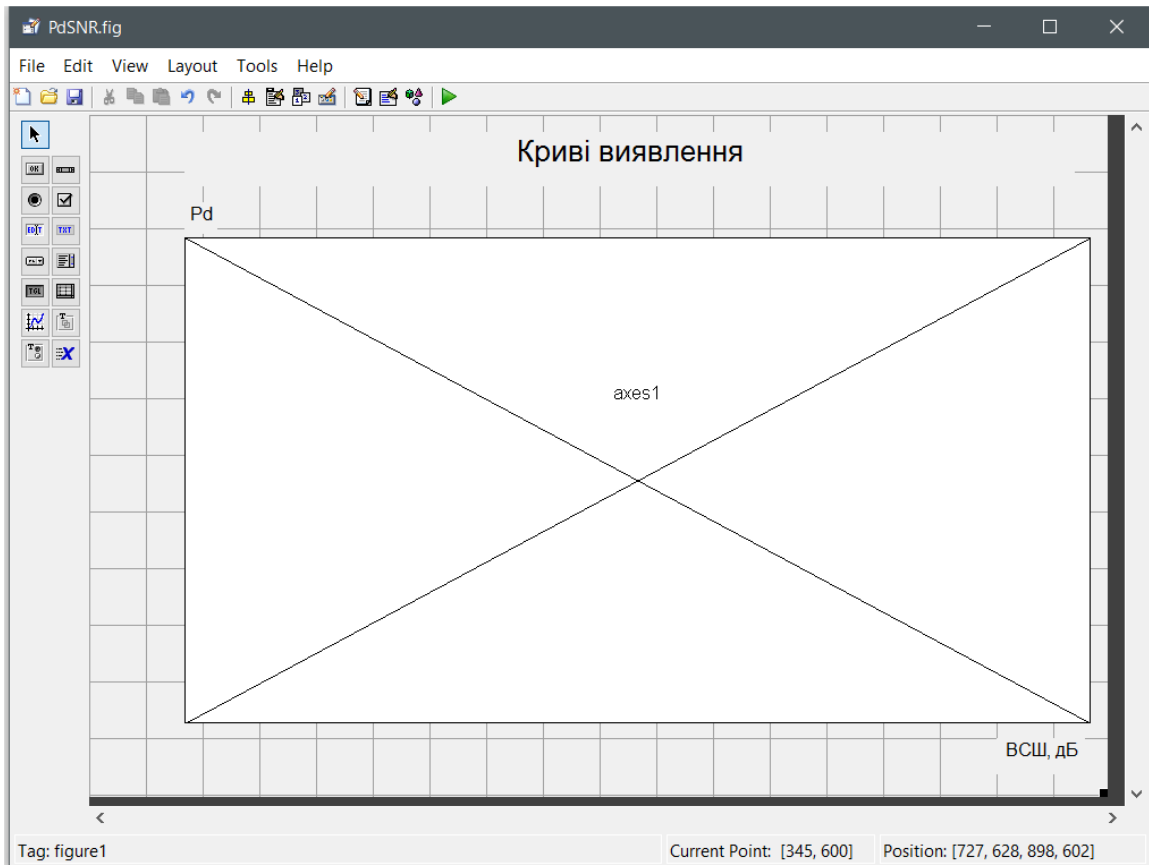


Рис. 3.8. Вигляд діалогового вікна характеристик (кривих) виявлення

Під час завантаження підпрограми здійснюється завантаження даних достовірності з файлу через функцію `load` та відображають на екран при застосуванні компонента `axes1`.

### 3.3. Результати достовірного виявлення радіосигналів

Розроблений вище програмний код та його повна версія, яку наведено а додатку записки проведено процес виявлення радіосигналів в заводних

реалізаціях.

Стартове вікно програмного коду наведено на рис.3.9.

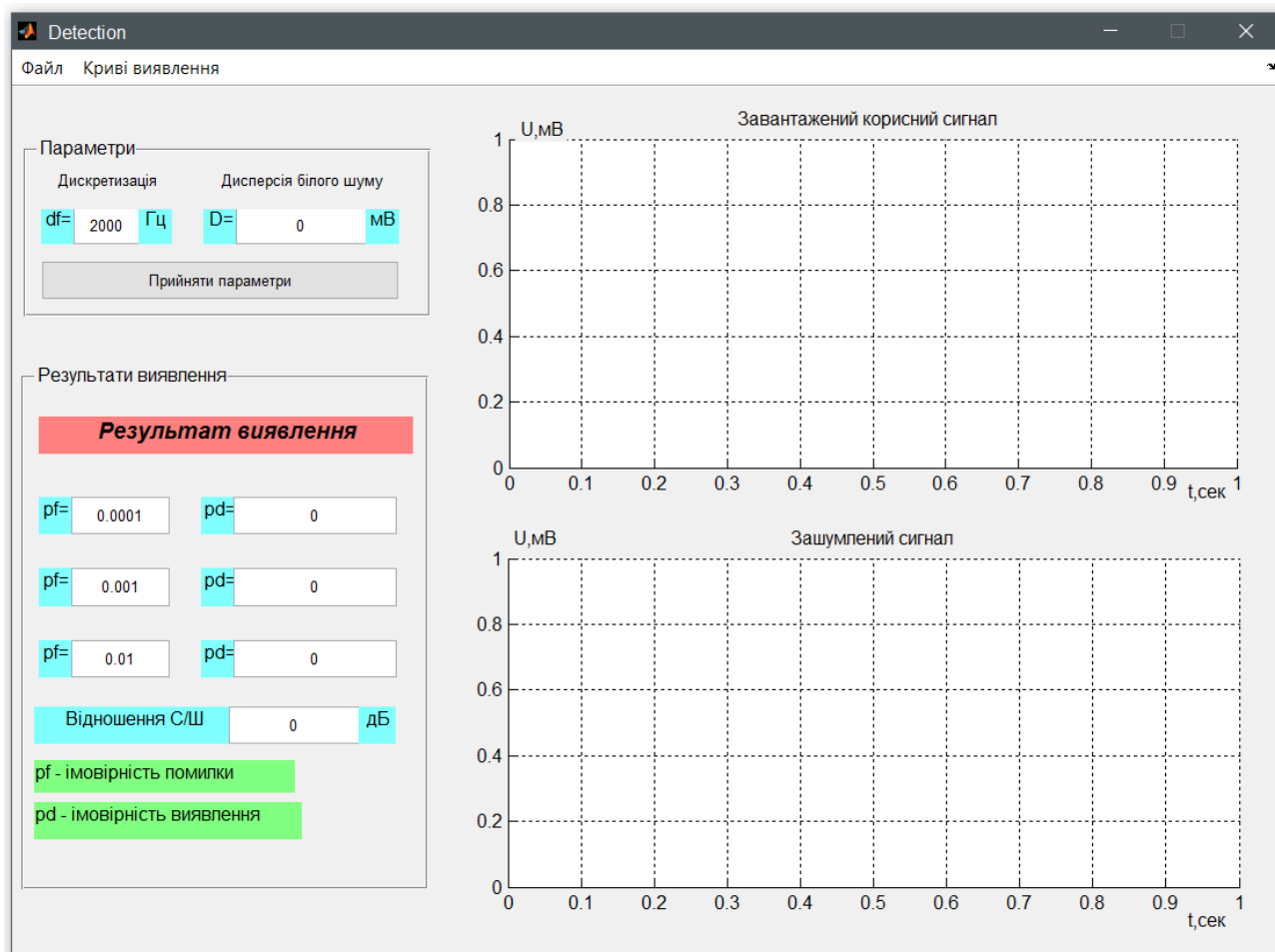


Рис. 3.9. Інтерфейс програмного забезпечення для достовірного виявлення радіосигналів

Натиснення кнопки меню «Файл» та вибір пункту „Завантажити сигнал”, з подальшим вибором місця локалізації даних радіосигналу відбудеться процес завантаження даних сигналу в завадних комунікаціях.

Тестовий радіосигнал в каналу зв'язку завадного наведено на рис.3.10.

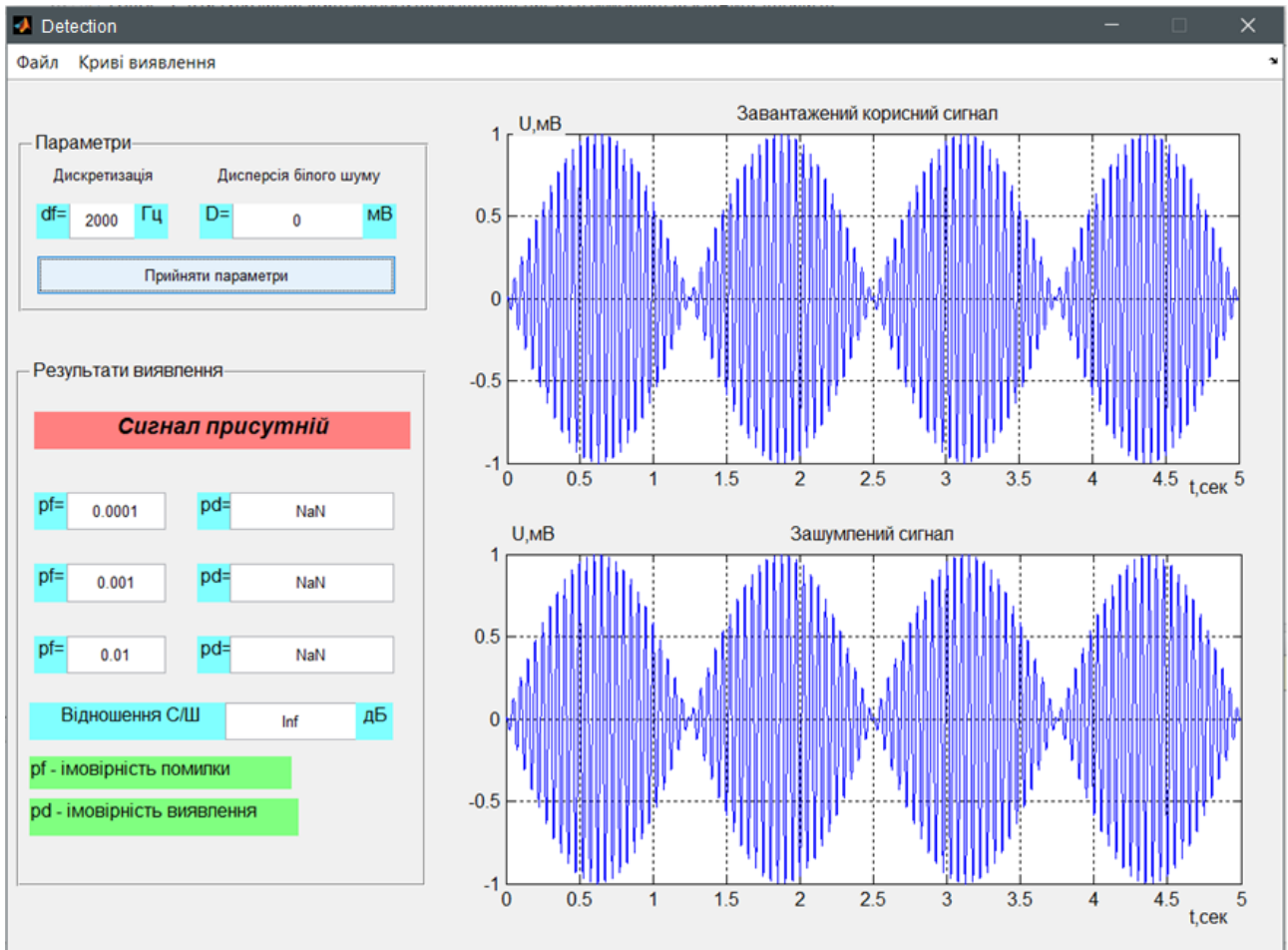


Рис. 3.10. Радіосигнал, зашумлений радіосигнал ( $D=0$  мВ) та оцінки достовірності виявлення

Для дослідження процесів виявлення радіосигналів будемо здійснювати зашумлення радіосигналів БШ різних потужностей і визначення показника достовірності рівня присутності корисної компоненти радіосигналу сере завадної реалізації.

На розробленому вікні програми введено значення дисперсії завади впливу на рівнях (0,1;0,3;0,6) та будемо відслідковувати як змінюється показник достовірності на тлі завадної реалізації.

На рис. 3.11 наведено результати обчислення достовірності виявлення радіосигналу при значення завадної дисперсії 0,1 мВ.

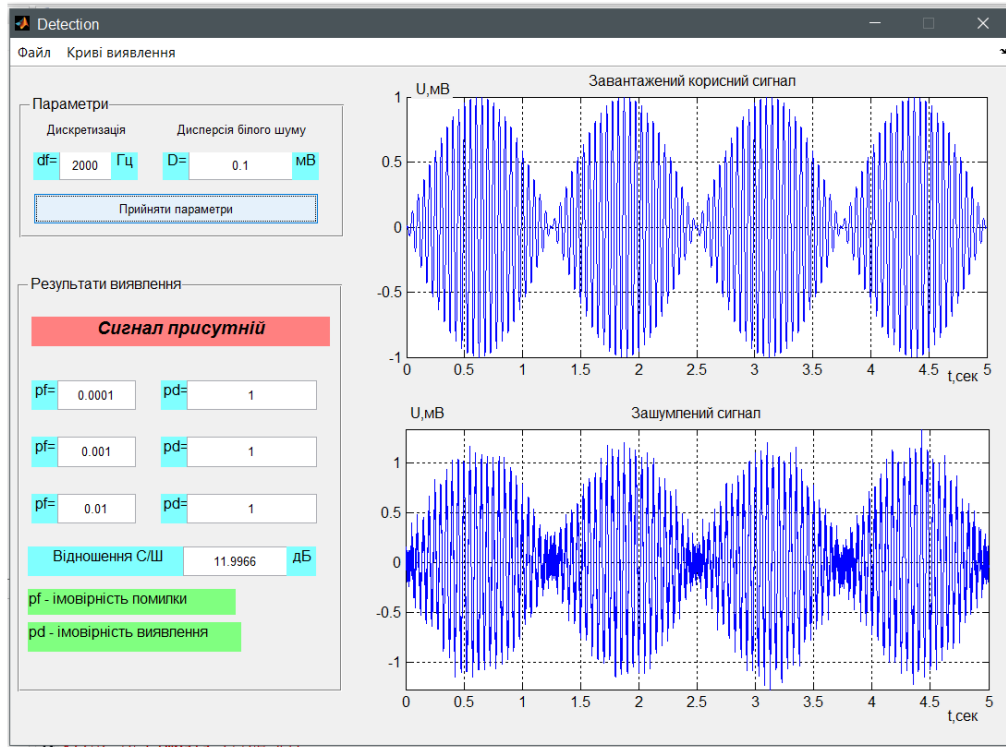


Рис. 3.11. Радіосигнал, зашумлений радіосигнал ( $D=0,1$  мВ) та оцінки достовірності виявлення

На рис. 3.12 наведено результат обчислення достовірності виявлення при завадній дисперсії на рівні 0,3 мВ.

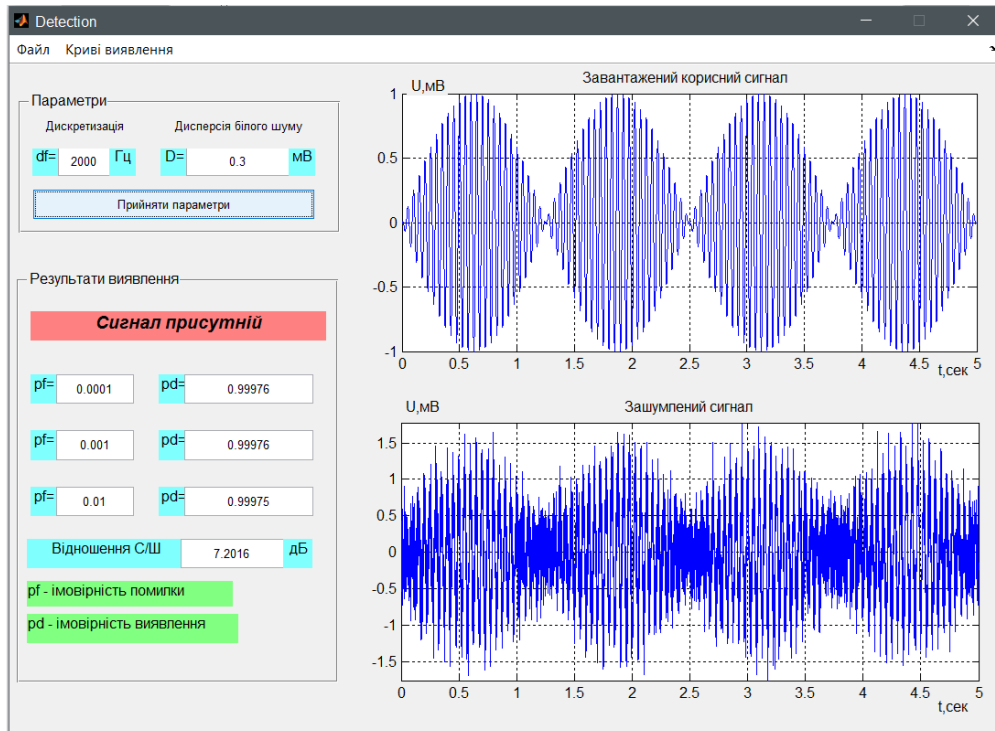


Рис. 3.12. Радіосигнал, зашумлений радіосигнал ( $D=0,3$  мВ) та оцінки достовірності виявлення

На рис. 3.13 наведено показники достовірності при рівні завади 0,6 мВ.

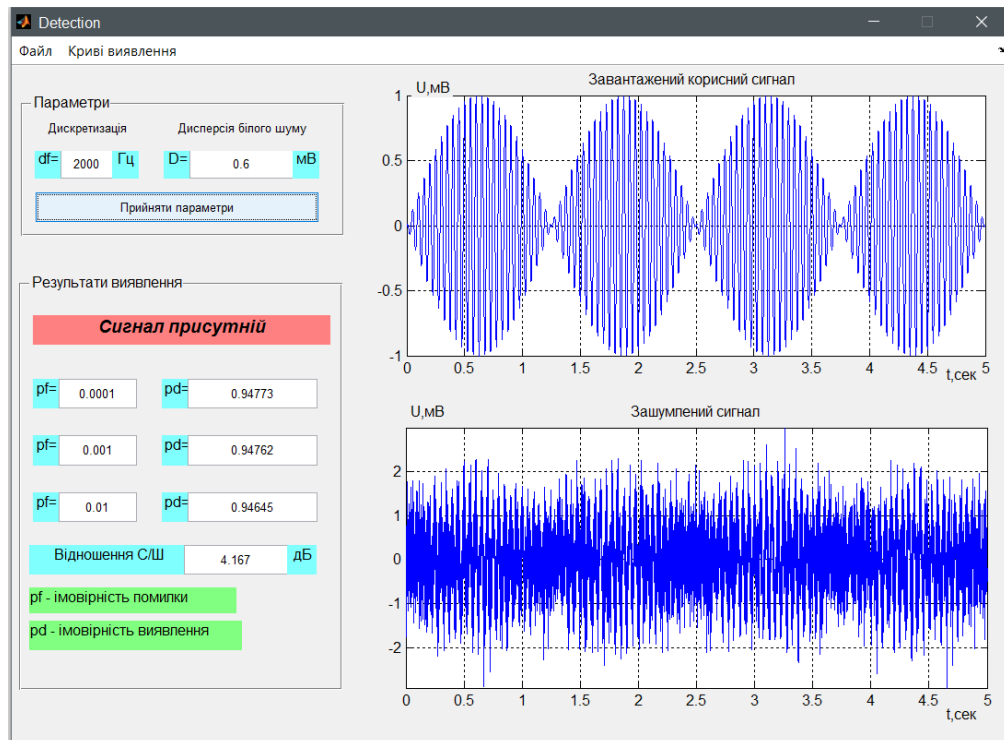


Рис. 3.13. Радіосигнал, зашумлений радіосигнал ( $D=0,6$  мВ) та оцінки достовірності виявлення

На баз формули (2.25) обчислено криві виявлень радіосигналів (рис. 3.14).

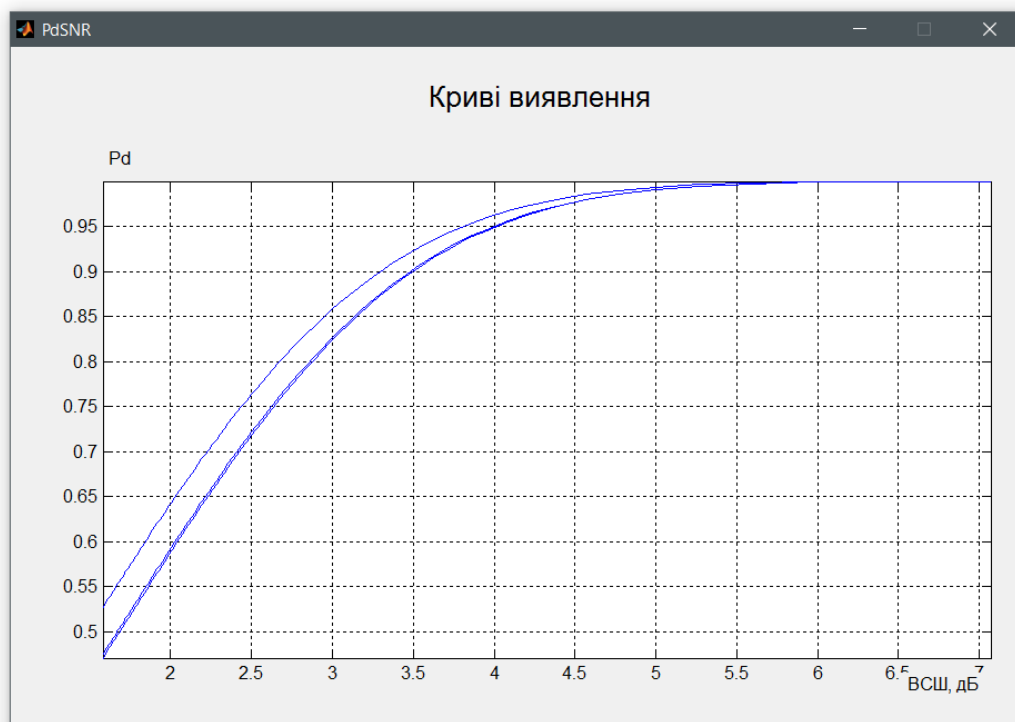


Рис. 3.14. Криві достовірного виявлення

Криві на рис.3.14 є залежністю достовірності  $p_d$  від відношень сигналу-шуму за фіксованої помилки  $p_f$ , які уможливають процес достовірного виявлення

Отримані результати уможливають достовірне виявлення радіосигналів при оптимальних прийомах з помилкам  $p_f$  та достовірностями  $p_d$  та не є залежними від структури радіосигналу, а є визначеною лише піком відношень сигнал-шум на виході.

### 3.4. Висновки до розділу 3

У розділі розроблено блок-схему програмного коду та, власне, програмний код із візуальними компонентами керування для автоматизованих виявлень та оцінювань показника достовірності виявлення радіосигналів серед завадних реалізацій для радіолокаційних систем при застосуванні середовища Matlab.

Здійснено процедура оцінювання процесу виявлення та обчислення показника достовірності виявлення радіосигналів серед завадних реалізацій різних потужностей для радіолокаційних систем.



## РОЗДІЛ 4

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## 4.1. Охорона праці

Контроль за станом охорони праці (далі - контроль) є найбільш відповідальною та трудомісткою функцією процесу управління, від якої залежить система управління охороною праці підприємства в цілому при виробництві приладу для реєстрації та визначення частоти дихання людини.

Відповідно до закону України «Про охорону праці», державний нагляд за охороною праці на підприємстві (в установі, організації) здійснюють :

- Державний комітет України з нагляду за охороною праці (Держгірпромнагляд);
- органи державного пожежного нагляду управління пожежної охорони Міністерства внутрішніх справ України (Держпожежнагляд);
- органи і установи санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

Нагляд здійснюють спеціально уповноважені на те органи та інспекції, діяльність яких не залежить від власника.

Центральні органи Державної виконавчої влади здійснюють контроль за дотриманням законодавства про працю на підприємствах (в установах, організаціях), що їм функціонально підлегли.

Державний комітет України з нагляду за охороною праці (Держгірпромнагляд) складається з Комітету, територіальних управлінь та їх структурних підрозділів – державних інспекцій охорони праці (держінспекцій).

У кожному територіальному управлінні є експертно-технічний нагляд – госпрозрахунковий підрозділ для проведення діагностики обладнання, експертизи проектів, ліцензування і сертифікації продукції, робіт і послуг, а також навчання і атестації спеціалістів.

Держнагляд охорони праці (Держгірпромнагляд) організує і здійснює державний нагляд за:

- станом охорони праці на об'єктах господарювання (підприємствах, в установах, організаціях), незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

- реєструє підйомні споруди, трубопроводи для пари і гарячої води, котельні установки і посудини, які працюють під тиском, інші об'єкти згідно з чинними нормативними актами, а також вирішує інші питання, пов'язані з керівництвом охороною праці на різних рівнях.

Державний нагляд за охороною праці здійснюють державні інспектори та посадові особи Комітету і територіальних органів. Державні інспектори держінспекцій здійснюють державний нагляд, реєструють вказані вище об'єкти, проводять в установленому порядку розслідування обставин і причин аварій і випадків виробничого травматизму, аналізують разом з місцевими установами охорони здоров'я і санітарно-епідеміологічної служби стан профзахворюваності на підприємствах, вносять пропозиції щодо їх попередження, вирішують інші питання, пов'язані з управлінням охороною праці на підприємствах. Вони згідно з посадовими обов'язками мають право:

- перевіряти без перешкод у будь-який час стан охорони праці на підприємствах (в установах, організаціях);

- направляти (видавати) їх керівникам обов'язкові для виконання розпорядження (приписи) про усунення порушень і недоліків в області охорони праці;

- зупиняти експлуатацію з накладанням пломб як окремих робочих місць і видів обладнання, так і підприємств у цілому;

- накладати на підприємства штрафи;

- притягати до адміністративної відповідальності працівників, винних у порушенні вимог охорони праці;

- вирішувати інші питання, пов'язані із забезпеченням безпеки праці.

Оперативно виявити можливі відхилення від норм безпеки праці, перевірити виконання запланованих заходів та управлінських рішень можливо лише на підставі регулярного та об'єктивного контролю на підприємстві. Контроль має здійснюватися керівниками всіх рівнів управління виробництвом. При створенні безпечних умов праці на підприємстві значну роль також відіграє

громадський контроль<sup>1</sup>, що провадиться громадськими інспекторами (представниками профспілок) або уповноваженими особами з питань охорони праці (у разі відсутності профспілки).

За дотриманням правил та норм безпеки на виробництві встановлені: державний; суспільний і відомчий нагляд та контроль.

Державний нагляд установлюється за дотриманням державних законодавчих та інших нормативних документів з охорони праці. Здійснює: комітет України по нагляду за охороною праці Міністерства охорони праці України; Державний комітет України по ядерної та радіаційної безпеки; органи державного пожежного нагляду управління пожежної охорони Міністерства внутрішніх справ України; органи та установи санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

Органи державного контролю не залежать від яких-небудь господарчих органів, суспільних об'єднань, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій та Рад народних депутатів, а діють згідно з положеннями, які затверджуються Кабінетом Міністрів України.

Інспектори мають право: безперешкодно у будь-який час відвідувати контролюємі підприємства для перевірки виконання законодавства з охорони праці, зупиняти експлуатацію підприємств, окремих цеховий, дільниць, які загрожують життю та здоров'ю людей, залучати до адміністративної та за наявності необхідних матеріалів через прокуратури до кримінальної відповідальності.

Суспільний контроль виконують трудові колективи, через обраних ним уповноважених з питань охорони праці та профспілки у особі своїх обраних органів та представників. Ці органи мають право: перевіряти на підприємствах, установах та організаціях дотримання законодавства про працю, перевіряти знання з охорони праці, розслідувати нещасні випадки, контролювати виконання Правил, Норм, Інструкцій.

Відомчий контроль здійснює Міністерство на підзвітних йому підприємствах.

Вищий нагляд за дотриманням та правильним використанням законів з

охорони праці покладено на Генерального прокурора України та підлеглих йому прокурорів.

Згідно з Кодексом законів про працю України за порушення законодавства про працю, правил, норми та інструкцій з охорони праці, передбачені наступні види відповідальності:

- дисциплінарна - зауваження, догана, звільнення;
- адміністративна - накладення штрафу інспекторами державного нагляду;
- кримінальна - за рішенням суду на осіб, з вини яких міг або виник нещасний випадок.

У підрозділі з охорони праці проаналізовано питання контролю за станом охорони праці на підприємстві по виготовленню приладу комп'ютерних медичних діагностичних систем.

#### 4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Створення оптимальних комфортних умов у виробничих приміщеннях по виготовленню радіолокаційної системи та окремих його деталей є складною задачею, вирішити яку можна наступними заходами та засобами:

- Удосконалення технологічних процесів та устаткування.
- Впровадження нових технологій та обладнання, які не пов'язані з необхідністю проведення робіт в умовах інтенсивного нагріву дасть можливість зменшити виділення тепла у виробничі приміщення. Наприклад, заміна гарячого способу обробки металу — холодним, нагрів полум'ям – індуктивним, горнових печей – тунельними.

– Рациональне розміщення технологічного устаткування. Основні джерела теплоти бажано розміщувати безпосередньо під аераційним ліхтарем, біля зовнішніх стін будівлі і в один ряд на такій відстані один від одного, щоб теплові потоки від них не перехрещувались на робочих місцях. Для охолодження гарячих виробів необхідно передбачити окремі приміщення. Найкращим рішенням є розміщення тепловипромінюючого обладнання в ізольованих приміщеннях або на відкритих ділянках.

– Автоматизація та дистанційне управління технологічними процесами. Цей захід дозволяє в багатьох випадках вивести людину із виробничих зон, де діють несприятливі фактори (наприклад автоматизоване завантаження печей в металургії, управління розливом сталі).

– Раціональна вентиляція, опалення та кондиціонування повітря. Вони є найбільш розповсюдженими способами нормалізації мікроклімату у виробничих приміщеннях. Так зване повітряне та водоповітряне душення широко використовується у боротьбі з перегріванням робітників в гарячих цехах.

Забезпечити нормальні теплові умови в холодний період року в надтогабаритних та полегшених промислових будівлях дуже важко і економічно недоцільно. Найбільш раціональним варіантом в цьому випадку є застосування променистого нагрівання постійних робочих місць та окремих ділянок. Захист від протягів досягається шляхом щільного закривання вікон, дверей та інших отворів, а також влаштуванням повітряних і повітряно-теплових завіс на дверях і воротах.

Раціоналізація режимів праці та відпочинку досягається скороченням тривалості робочої зміни, введенням додаткових перерв, створенням умов для ефективного відпочинку в приміщеннях з нормальними метеорологічними умовами. Якщо організувати окреме приміщення важко, то в гарячих цехах створюють зони відпочинку – охолоджувальні альтанки, де засобами вентиляції забезпечують нормальні температурні умови.

Для робітників, що працюють на відкритому повітрі зимою, обладнують приміщення для зігрівання, в яких температуру підтримують дещо вищою за комфортну. Застосування теплоізоляції устаткування та захисних екранів. В якості теплоізоляційних матеріалів широко використовуються: азбест, азбоцемент, мінеральна вата, склотканина, керамзит, пінопласт.

На виробництві застосовують також захисні екрани для відгородження джерел теплового випромінювання від робочих місць. За принципом захисту щодо дії тепла екрани бувають відбиваючі, поглинаючі, відвідні та комбіновані. Хороший захист від теплового випромінювання здійснюють водяні завіси, що широко використовуються в металургії.

Важливе значення для профілактики перегрівання мають індивідуальні засоби захисту. Спецодяг повинен бути повітро- та вологопроникним (бавовняним, з льону, грубововняного сукна), мати зручний покрій. Для роботи в екстремальних умовах застосовуються спеціальні костюми з підвищеною теплосвітловіддачею. Для захисту голови від випромінювання застосовують дюралеві, фіброві каски, повстяні капелюхи; для захисту очей – окуляри – темні або з прозорим шаром металу, маски з відкидним екраном. Захист від дії зниженої температури досягається використанням теплого спецодягу, а під час опадів – плащів та гумових чобіт.

Вимоги виробничої санітарії обов'язково враховують при проектуванні виробничих приміщень, процесів та технологічного обладнання. При цьому зазначається, що в процесі виробництва приладу повинні бути відсутніми або мінімальними (нижче допустимих значень):

- виділення у повітря приміщень, атмосферу та стічні води шкідливих або з неприємним запахом речовин, а також виділення теплоти і вологості в робочих приміщеннях;

- шум, вібрація, ультразвук, електромагнітні хвилі радіочастот, статична електрика та іонізуючі випромінювання.

Відповідно до Закону України "Про охорону праці" (ст. 10) на роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці, в особливих температурних умовах, в забрудненому середовищі робітникам та службовцям безплатно видаються спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту. Перелік робіт та професій, що дають право на одержання 313, складається на основі галузевих норм адміністрацією підприємства та погоджується із місцевими органами Держгірпромнагляду по охороні праці. Порядок видачі, зберігання та використання 32230 визначається НПАОП 0.00-4.01-08 "Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту" (наказ Держгірпромнагляду № 53 від 24.03.2008 р.).

Отже, дотримання вище наведених вимог забезпечать комфортні умови у виробничих приміщеннях по виготовленню радіолокаційної системи.

#### 4.3. Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці проаналізовано питання контролю за станом охорони праці на підприємстві по виготовленню радіолокаційної системи.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано оптимальні комфортні умови у виробничих приміщеннях по виготовленню радіолокаційної системи.

.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі розроблено методу достовірного виявлення радіосигналів для радіолокаційних систем.

Отримані результати:

1. За результатами аналізу існуючих методів аналізу радіосигналів при їх виявленні у завадах констатована необхідність розроблення ефективного та достовірного методу виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем

2. Обґрунтовано структуру математичної моделі радіосигналів як суміш радіосигналу корисного та завади для її аналізу при виявленні корисної складової серед завад.

3. Розроблено метод/алгоритм виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад при різних помилкових рішеннях  $(0,001; 0,01; 0,1)$  для радіолокаційних систем при застосуванні критерію Неймана-Пірсона.

4. Розроблено програмний код для автоматизованого виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем в середовищі Matlab.

5. Проведено процес виявлення та оцінювання показника достовірності виявлення радіосигналів серед завад для радіолокаційних систем.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабак В. П. Детерміновані сигнали і спектри: навч. посіб./ В.П. Бабак, А. Я. Білецький. К.: Техніка, 2003. 454 с.
2. Бабак В. П. Обробка сигналів: підручник./ В. П. Бабак, В. С. Хандецький, Е. Шрюфер. К: Либідь, 1999. 250 с.
3. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Дмитриев В.И. Системы мобильной связи/Под ред. М.А. Вознюка. Спб.: Изд-во СПб ГУТ, 1999. 331 с.
4. Банда Б. Методы оптимизации. Вводный курс/Пер. с англ. 1988. 128 с.
5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». 2-е изд., перераб. и доп. 1988. 448 с.
6. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы./ С. И. Баскаков. 2000. 462 с.
7. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценивания и модуляция. Том 1. Пер. с англ. 1972. 744 с.
8. Вербанский А. Организация мирового радиовещания. 1991. № 6. С.35-39
9. Волков А.А. Потенциальная помехоустойчивость систем связи с однополосной угловой модуляцией. Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1981. №3. С. 35-39.
10. Галкин В.А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учеб. пособие для вузов. 2007. 432 с.
11. Гуревич М.С. Спектры радиосигналов. 1963. 321с.
12. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуа-ционных помехах. 2-е изд., перераб. и доп. 1972.448с.
13. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. 5-е изд., перераб. и доп. 1977. 479 с.
14. Жураковський Ю. П. Теорія сигналу та кодування: підручник / Ю.П. Жураковський, В.П. Полторац. К.: Вища шк., 2001. 255 с.

15. Зюко А. Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи [Текст] / А. Г. Зюко // 2-е изд., перераб. и доп. 1972. – 360 с.
16. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. 1972. 360 с. 7 899 отчет МККР, XV Пленарная Ассамблея. Женева, 1982 - Т. 8.
17. Коган И. М. Прикладная теория информации. И. М. Коган. 1981. 216 с.
18. Назаров М.В., Кувшинов Б.И., Попов О.В. Теория передачи сигналов. 1970. 368 с.
19. Коржик В.И. и др. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник /В .И. Коржик, Л.М. Финк, К.Н. Щелкунов: Под ред. Л.М. Финка. 1981. - 232 с.
20. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. — 2-е изд., перераб. и доп. 1979. 252 с.
21. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники./ Б. Р. Левин. – 3-е изд., перераб. и доп. 1989. 656 с.
22. Мартин Ф. Моделирование на вычислительных машинах./ Ф. Мартин. Пер. с англ. 1972. 288 с.
23. Урывский Л. А. Основы прикладной теории информации для телекоммуникаций : диссертация доктора технических наук : 05.12.02 / Л. А. Урывский; Киев, НТУУ «КПИ». К. : 2009. 377 с.
24. Пономарев В. А. Программирование на ЭЦВМ «Мир-1»/ В.А.Пономарев. 1971. 216 с.
25. Сейдж Э. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении./ Э. Сейдж, Дж. Мелс. Пер. с англ. под ред. проф. Б. Р. Левина. 1976. 496 с.
26. Статистична радіотехніка: навч. посібник / І. Ф. Бойко, О. І. Давлет'янц, Р. Б. Сініцин та інш. К.: КМУГА, 1988. 122 с.
27. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – 2-е изд., испр. / Пер. с англ. 2001. 1104 с. Парал. тит. англ.
28. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов/Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. 1980. 288 с.

29. Теория передачи сигналов: Учеб. для вузов / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, М.В., Назаров, Л.М. Финк. – 2-е изд., перераб. и доп. 1986. – 304 с.
30. Теряев Б.Г. Исследование свойств сигналов с изменением фазы по треугольному закону. 1981. № 9. С. 12-17.
31. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. 1983. 320 с.
32. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ радиотехнических устройств и систем: Учебное пособие для высших учебных заведений. 1991. 608с.
33. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. 1971. 704 с.
34. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. 2-е изд., перераб. и доп. 1982. 624 с.
35. Феер Л. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра / Л. Феер // Пер. с англ. 2000. 520 с.
36. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. 2-е изд., перераб. и доп. 1970. 728 с.
37. Харкевич А.А. Спектры и анализ. М.: Государственное изд-во технико-теоретической литературы, 1953. 216с.
38. Arunabha G. Fundamentals of LTE / G. Arunabha, J. Zhang, G. Jeffrey, M. Rias – Prentice Hall, 2010. – 464 p.
39. Couch L.W. Signal-to-noise ratio out of ideal FM detector for SSB FM plus Gaussian noise at the input//IEEE Trans. (Concise Papers). 1969. Vol. COM-17, № 1. P. 591-592.
40. Dahlman E. 3G Evolution: HSPA and LTE for Mobile Broadband [Text] / E. Dahlman. – Academic Press is an imprint of Elsevier, 2007. 485 p.
41. Proakis J.G. Digital Communications, 4th ed., New York, McGraw-Hill, 2001.
42. Slyusar V.I., Smolyar V.G. The method of nonorthogonal frequency-discrete modulation of signals for narrow-band communication channels // Radio Electronics and Communications Systems C/C of Izvestiia – Vysshie Uchebnye

Zavedeniia Radioelectronika. – 2004, VOL 47; PART 4, P. 40–41. Allerton Press Inc. (USA).

43. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: 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

44. Кравчик Б., Дунець В. Виявлення радіосигналів у суміші із завадами. ІМСТ, 11-12 грудня 2019 року. Т. : ТНТУ, 2019. С. 54. (Інформаційні системи та технології).

45. Дунець В.Л., Цимбала Т.І., Ракуш Р.В. Метод оптимального виявлення сигналів в каналах зв'язку. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 17–18 листоп. 2016) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2016. С.37-38.

46. Дунець В.Л., Бекус Р.В. Дослідження показників якості передачі сигналів в бездротових локальних мережах. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених за тематикою «Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні»: збірка наукових праць / Під редакцією Г.О. Райко. – Херсон: Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2020. С.23.

47. Дунець В.Л., Чирський Т.В., Шилівський Н.І., Щирба О.Ю., Гуменюк Д.О., Алгоритм оцінювання завадозахищеності каналу зв'язку. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XI міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 7-8 грудня 2022) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. С.162. ISBN 978-617-7875-49-8.

# ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

Теза конференції (апробація результатів)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

# АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник**  
тез доповідей

**XI Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
7-8 грудня 2022 року



**УКРАЇНА**  
**ТЕРНОПІЛЬ – 2022**

УДК 621.39

В.Л.Дунець, к.т.н., Н.І.Шилівський, О.Ю.Шчирба, Д.О.Гуменюк, Т.В.Чирський  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### АЛГОРИТМ ОЦІНЮВАННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ

V.L. Dunets, Ph.D, N.I. Shylivskyy, O.Yu. Shchyrba

### METHOD OF ASSESSING THE INTERRUPTION PROTECTION OF A COMMUNICATION CHANNEL

Задача визначення рівня завадозахищеності каналу зв'язку при передачі радіосигналів з різними типами модуляції є актуальною, оскільки завади та завмирання сигналів чинять негативний вплив на показник якості передачі радіосигналів та спричиняють до появи помилок в приймальному сигналі.

Для визначення рівня завадозахищеності каналу зв'язку розроблено алгоритм, який зображено на рис.1.

При визначенні рівня завадозахищеності запропоновано оцінювати показники у вигляді відношення вихідного сигнал/шум (ВСШ) від середньоквадратичного відхилення вхідного білого гаусового шуму, залежності середньоквадратичного відхилення демодульованого шуму від ВСШ та залежності вхідного ВСШ від вихідного.

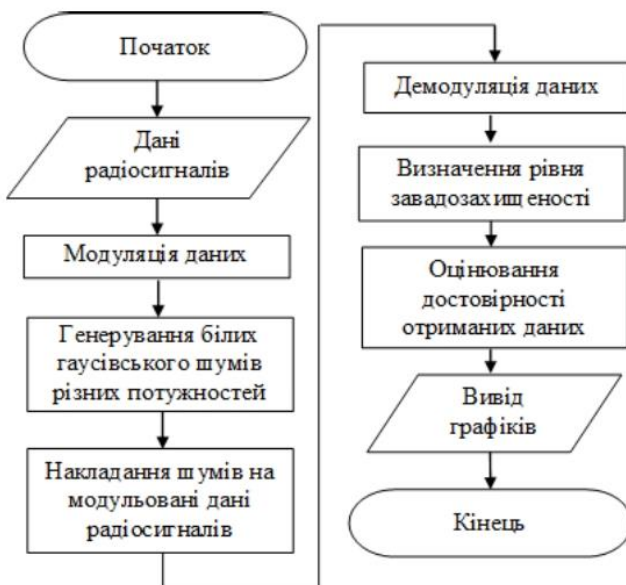


Рис.1. Алгоритм оцінювання завадозахищеності каналу зв'язку при різних модуляціях

Для оцінювання достовірності даних радіосигналу після процесу їх демодуляції застосовано критерій Неймана-Пірсона згідно виразу [1]:

$$p_D = 1 - \Phi\left(h / \sqrt{\frac{2E}{N}} - \sqrt{\frac{2E}{N}}\right), \quad (1)$$

де  $p_F$  - ймовірність помилки:

$$p_F = 1 - \Phi\left(h / \sqrt{\frac{2E}{N}}\right), \quad (2)$$

$\Phi$  - інтеграл ймовірності:

$$\Phi(U) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^U e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (3)$$

$h$  - поріг прийняття рішення;

$E$  - енергія корисного радіосигналу;

$N$  - потужність завади,

Формули (1) і (2) відображають те, що ймовірність помилки  $p_F$ , достовірність отриманих демодульованих даних радіосигналу  $p_D$ , визначаються відношенням порогу прийняття рішення  $h$  і піковою величиною ВСШ, яка рівна  $\sqrt{2E/N}$ .

#### Література

1. Deepali Kamble, S.A.Manjare. MIMO Signal Detection Using Neyman Pearson Signal Detection. International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering. Vol. 3, Issue 2, February 2015. P.151-156. DOI 10.17148/IJREEICE.2015.3232

23.	<b>А.М. Паламар, Ю.А. Гук</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	147
24.	<b>Д.Р. Колісник, Д.В. Мидлик, І.Ю. Дедів, Л.Є. Дедів</b> ЗАДАЧА ОЦІНЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ У ВІДКРИТОМУ ПРОСТОРИ	148
25.	<b>С.Р. Пискальний, Б.В. Сарняк, І.Ю. Дедів</b> ЗАДАЧА УЩІЛЬНЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ	149
26.	<b>М.П. Мотелюк, С.Т. Боїло, І.Ю. Дедів, В.Г. Дозорський</b> МЕТОДИ ОБРОБКИ МОВНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ БЕЗПЕКОВИХ СИСТЕМ	150
27.	<b>Б.Є Томс, Г.П. Химич</b> ЕФЕКТИВНІСТЬ ОПТОВОЛОКОННИХ ЛІНІЙ У МІСЬКИХ УМОВАХ	151
28.	<b>А.О. Naida, L.B. Moroz</b> DATAFICATION: THE PROBLEM BENEATH THE SURFACE	153
29.	<b>О.В. Палка</b> МІКРОСЕРВІСНА АРХІТЕКТУРА РОЗУМНОГО МІСТА	155
30.	<b>О.В. Палка</b> ІНТЕГРОВАНА АРХІТЕКТУРА РОЗУМНОГО МІСТА З БЛОКЧЕЙНОМ ТА ІОТ	157
31.	<b>І. Гунчак, Г. Химич</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ БОРОТЬБИ З СУПУТНИКОВИМИ СИСТЕМАМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ДРОНІВ	158
32.	<b>А.В. Атаманчук, І.Ю. Дедів</b> МЕТОД ВИЯВЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ БПЛА З ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	160
33.	<b>В.Л. Дунець, Н.І. Шилівський, О.Ю. Щирба, Д.О. Гуменюк, Т.В. Чирський</b> АЛГОРИТМ ОЦІНЮВАННЯ ЗАВАДОЗАХИЩЕНОСТІ КАНАЛУ ЗВ'ЯЗКУ	162
34.	<b>В.В. Никитюк, к.т.н., О.Ф. Дозорська, к.т.н., А.К. Карнаухов</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОВНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАДАЧ АВТЕНТИФІКОВАНОГО ВХОДУ КОРИСТУВАЧІВ	163
35.	<b>С.В. Уніят, М.О. Хвостівський</b> АКТУАЛЬНІСТЬ ОБРОБКИ ПУЛЬСОВИХ СИГНАЛІВ ПРИ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ У КАРДІОДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМАХ	164
36.	<b>Ю.Б. Капаціла, С.Р. Дідур</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	165
37.	<b>Н.А. Гарматюк, П.О. Скалецький, В.О. Дуда</b> ХМАРНІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ТА MICROSOFT AZURE	167
38.	<b>Н.В. Лісовий, А.Р. Ставицька, А.В. Гіжовський</b> ХМАРНІ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЛАТФОРМИ АНАЛІТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ	168
39.	<b>П.О. Скалецький, Н.А. Гарматюк, В.О. Дуда</b> ПЕРЕНЕСЕННЯ ДАНИХ УСТАНОВ ТА ОРГАНІЗАЦІЙ З ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ ДО ХМАРНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ПЛАТФОРМ	169
40.	<b>Р. Новчук, Р. Трач, Р. Трембач</b> АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗБОРУ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	171



## ДОДАТОК Б

## Програмний код достовірного виявлення радіосигналів

```

function varargout = Detection(varargin)
% Detection MATLAB code for Detection.fig
%   Detection, by itself, creates a new Detection or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = Detection returns the handle to a new Detection or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   Detection('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in DETECTION.M with the given input arguments.
%
%   Detection('Property','Value',...) creates a new Detection or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs are
%   applied to the GUI before Detection_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property application
%   stop. All inputs are passed to Detection_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 Detection

% Last Modified by GUIDE v2.5 02-Feb-2017 21:19:29

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Detection_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Detection_OutputFcn, ...
                  'gui_LayerFcn',   [], ...
                  '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 Detection is made visible.
function Detection_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 Detection (see VARARGIN)

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

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes Detection wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Detection_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;

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (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 edit8 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit8 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (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 edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (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 edit9 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit9 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit9 (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 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)
dataradiosign=get(handles.pushbutton1,'userdata');
dtradiosign=1/get(handles.edit1,'value');
Dn=str2num(get(handles.edit2,'string'));
tradiosign=(0:(length(dataradiosign)-1))*dtradiosign;
zavada =normrnd(0,Dn,length(dataradiosign),1);
for numer=1:length(dataradiosign)
    ksi(numer)= dataradiosign(numer)+ zavada (numer);
end;
axes(handles.axes1);
plot(tradiosign, dataradiosign);
axis tight;
grid on;
axes(handles.axes2);
plot(tradiosign,ksi);
axis tight;
grid on;

Energyradio=0;
for numer=1:length(dataradiosign)
    Energyradio=Energyradio+dataradiosign(numer)^2;
end;
Energyradio=Energyradio*dtradiosign;

powerzavada=0;
for numer=1:length(dataradiosign)
    powerzavada=powerzavada+(ksi(numer)-dataradiosign(numer))^2;
end;
powerzavada=powerzavada/(length(dataradiosign)-1);

% Обчислення випадкової величини q
qout=0;
for numer=1:length(dataradiosign)
    qout=qout+dataradiosign(numer)*ksi(numer);

```

```

end;
qout= dtradiosign*(2/powerzavada)*qout;

% Обчислення відношення енергія-дисперсія
SNR=sqrt(2*Energyradio/ powerzavada);
set(handles.edit7,'string',num2str(10*log10(SNR)));

% Обчислення відносного порогу
pf(1)=str2num(get(handles.edit1,'string'));
pf(2)=str2num(get(handles.edit3,'string'));
pf(3)=str2num(get(handles.edit5,'string'));

for number=1:3
    u0(number)=SNR*erfc(1-2*pf(number))+ Energyradio/powerzavada;
    pd(number)=0.5*(1-erf(u0(number)/SNR-SNR));
end;

set(handles.edit2,'string',num2str(pd(1)));
set(handles.edit4,'string',num2str(pd(2)));
set(handles.edit6,'string',num2str(pd(3)));

% Висновок щодо виявлення
if qout>=u0(1)
    rezult='Сигнал присутній';
else
    rezult='Сигнал відсутній';
end;

set(handles.text1,'string', rezult);

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 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

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (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 edit6 as text
%       str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit6 as a double

% --- 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 edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (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 edit7 as text

```

```

%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit7 as a double

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit7 (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)

% -----
function Untitled_5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_5 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
data=get(handles.pushbutton1,'userdata');
dt=1/str2num(get(handles.edit8,'string'));
E=0;
for k=1:length(data)
    E=E+data(k)^2;
end;
E=E*dt

% Імовірності хибного рішення
pf(1)=0.0001;
pf(2)=0.001;
pf(3)=0.01;

for n=1:3
    l=0;
    for D=round(E):-0.01:0.01
        l=l+1;
        SNR(l)=sqrt(2*E/D);
        u0=SNR(l)*(1-erfc(1-2*pf(n)))+E/D;
        pd(l,n)=0.5*(1-erf(u0/SNR(l)-SNR(l)));
    end;
end;
dlmwrite('D:\',pd, ' ');
dlmwrite('D:\',SNR, ' ');

PdSNR;

% -----

```

```

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)
[datradiosign, dirdatradiosign] = uigetfile('*.dat;', 'Завантажити сигнал');
if length(datradiosign)>=1
dirradio=[dirdatradiosign datradiosign];
dataradiosign=load(dirradio);
set(handles.pushbutton1,'userdata', dataradiosign);
end;
dtradiosign=1/get(handles.edit1,'value');
tradiosign=(0:(length(dataradiosign)-1))*dtradiosign;
axes(handles.axes1);
plot(t,dataradiosign);
axis tight;
axes(handles.axes2);
plot(t,dataradiosign);
axis tight;

% -----
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)

% -----
function Untitled_4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to Untitled_4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```