

## АНОТАЦІЯ

Кравчик Богдан Ігорович. Обґрунтування критерію оптимальності для виявлення радіосигналів у суміші із завадами. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Дипломну роботу магістра присвячено дослідженні виявленні радіосигналів за критерієм Неймана-Пірсона. Спричинені завадами спотворення сигналів дали поштовх до дослідження виявлення сигналів у суміші із завадами, тому що цей етап є первинним при опрацюванні сигналів, і визначає подальшу точність передачі інформації. Для задач виявлення використано адитивну модель сигналів, у вигляді суми корисного сигналу та завади типу білого шуму. На базі адитивної моделі та статистичного критерію прийняття рішення Неймана-Пірсона розроблено метод дослідження виявлення сигналів на тлі завад. Метод дослідження реалізовано у вигляді програми в середовищі програмування Matlab. Використовуючи розроблену програму досліджено процес виявлення шляхом натурального макету.

Ключові слова: Радіосигнали, виявлення, критерій Неймана-Пірсона, криві виявлення, достовірність, програмне забезпечення.

## ANNOTATION

Kravchik Bogdan. Justification of the optimality criterion for detecting radio signals in interference with interference. Manuscript.

Master's diplom work on specialty 172 Telecommunications and Radio Engineering , Ternopil National Technical University Pulyy, Ternopil, 2019.

Master's thesis is devoted to research on the detection of radio Neumann-Pearson criterion. Signal distortion caused hurt to give impetus to study signal detection in a mixture of noise, because this is the primary step in the processing of signals and determines the accuracy further information. To identify tasks used additive model signals, a sum signal noise and white noise type. Based on the additive model and statistical criterion decision Neyman-Pearson developed a method for detecting research on the background signal noise. Research method is implemented as a program in the programming environment Matlab. Using research program developed by the process of identifying full-scale model.

Keywords: Detection, criterion of Neyman-Pirson, crooked exposures, reliability, software.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика

ВФП – відношення функціоналу правдоподібності

ДБГШ – дискретний білий гаусівський шум

ОП – операційний підсилювач

ПЗ – програмне забезпечення

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ В КАНАЛАХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ.....	11
1.1 Класифікація каналів та ліній зв'язку.....	11
1.2 Безпроводне середовище передачі.....	12
1.2.1 Переваги безпроводних комунікацій.....	12
1.2.2 Безпроводна лінія зв'язку.....	14
1.2.3 Діапазони електромагнітного спектру.....	15
1.2.4 Поширення електромагнітних хвиль.....	17
1.3 Методи виявлення сигналів в каналах радіозв'язку.....	19
1.3.1 Когерентне виявлення.....	19
1.3.2 Узгоджена фільтрація.....	23
1.3.3 Некогерентне виявлення.....	25
1.4 Висновки до розділу 1.....	28
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИГНАЛУ.....	29
2.1 Структура математичної моделі сигналів в каналах радіозв'язку.....	29
2.2 Математична модель завади в системах передачі сигналів.....	31
2.3 Висновки до розділу 2.....	34
РОЗДІЛ 3. МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ЗА КРИТЕРІЄМ НЕЙМАНА-ПІРСОНА.....	35
3.1 Проблема виявлення сигналів.....	35
3.2. Метод оптимального виявлення сигналу на тлі завад.....	37
3.3. Алгоритм виявлення сигналів.....	42
3.4. Висновки до розділу 3.....	44
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ВИЯВЛЕННІ СИГНАЛІВ ЗА КРИТЕРІЄМ НЕЙМАНА-ПІРСОНА В СЕРЕДОВИЩІ.....	45
4.1. Блок-схема програми для виявлення сигналів за критерієм	

Неймана-Пірсона.....	45
4.2. Програмна реалізація методу виявлення в середовищі Matlab.....	46
4.3. Результати програмного аналізу сигналів при їх виявленні.....	58
4.4. Висновки до розділу 4.....	63
РОЗДІЛ 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	64
5.1 Система MATLAB.....	64
5.2 Основні об'єкти MATLAB.....	68
5.3 Висновки до розділу 5.....	74
РОЗДІЛ 6. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	75
6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи.....	75
6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	75
6.3 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи.....	82
6.4 Висновки до розділу 6.....	86
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	87
7.1 Охорона праці.....	87
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	94
7.3 Висновки до розділу.....	98
РОЗДІЛ 8. ЕКОЛОГІЯ.....	99
8.1 Актуальність проблеми охорони навколишнього середовища.....	99
8.2 Забруднення довкілля, що виникають при виготовленні радіотехнічної системи виявлення сигналів.....	100
8.3 Висновки до розділу 8.....	104
ВИСНОВКИ.....	105
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106
ДОДАТКИ.....	110
ДОДАТКО А. Програма для дослідження процесу виявлення сигналів.....	111
ДОДАТОК Б. Програма для побудови кривих виявлення сигналів.....	120
ДОДАТОК В. ....	122

## ВСТУП

Актуальність теми. Бездротові радіотехнічні системи передачі радіосигналів [37] займають значну частину світового телекомунікаційного простору. Голосовий зв'язок, передача даних, потокове відео й інші послуги [38] є невід'ємною частиною сервісів, що надаються по радіоканалах зв'язку. Будь-яка бездротова радіотехнічна система передачі використовує обмежені ресурси каналу зв'язку (енергетичні, частотні, часові [39]). До теперішнього часу значна частина придатного для бездротова система діапазону частот перекрита, а деякі ділянки цього діапазону сильно перевантажені та мало захищені від вливу різного роду внутрішніх та зовнішніх завад.

Задачі виявлення сигналів і вимірювання їх параметрів на тлі завад є базовими і часто зустрічаються при розробці радіотехнічних систем приймання і передачі сигналу [1-8]. Для випадку повністю відомих параметрів сигналу задача виявлення є ідеалізацією і практично не зустрічається в реальній апаратурі. В реальності параметри сигналу неточно відповідають заданим при розрахунку, що викликано частковою апріорною невизначеністю щодо параметрів прийнятих і оброблених сигналів, а також дрейфом параметрів радіоелектронних пристроїв і їх елементів. При цьому точності та ймовірні характеристики одержуваних оцінок параметрів виявляються занижені в порівнянні з очікуваними [9, 10]. В умовах апріорно невідомих параметрів сигналу кращими є багатоканальні системи обробки, а також системи, що адаптуються до змін властивостей сигналу і завад.

Тому, обґрунтування критерію оптимального та ефективного виявлення радіосигналів на тлі завад в каналах радіозв'язку є актуальною науковою задачею.

Мета і задачі дослідження. *Метою дослідження* є обґрунтування критерію оптимальності для процесу виявлення сигналів в каналах радіозв'язку у суміші із завадами. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналіз відомих критеріїв оптимальності для виявлення сигналів на тлі завад в каналах радіозв'язку.
2. Побудувати математичну модель сигналів для задач їх виявлення у

суміші із завадами.

3. Розробити метод оптимального виявлення сигналів у суміші із завадами в каналах радіозв'язку.

4. Оцінити достовірність присутності сигналів у суміші із завадами за обґрунтованим критерієм.

5. Розробити програмне забезпечення для задач оптимального виявлення сигналів у суміші із завадами в каналах радіозв'язку.

6. Провести експериментальні дослідження по виявленню радіосигналів в каналах зв'язку із адитивними впливом завад.

*Об'єкт дослідження:* критерій оптимального виявлення сигналів в каналах радіозв'язку.

*Предмет дослідження:* математична модель сигналу у каналі радіозв'язку в умовах апостеріорної невідомості.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше на основі статистичного критерію Неймана-Пірсона розроблено метод оптимального виявлення сигналу у каналі радіозв'язку в умовах апостеріорної невідомості.

## РОЗДІЛ 1

### МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ В КАНАЛАХ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

#### 1.1 Класифікація каналів та ліній зв'язку

Каналом зв'язку прийнято називати сукупність технічних засобів, що необхідні для передачі повідомлення від джерела до споживача. Цими засобами є передавач, лінія зв'язку і приймач. Канал зв'язку разом з джерелом і споживачем утворює *систему зв'язку*. Розрізняють *системи передачі дискретних повідомлень* (наприклад, система телеграфного зв'язку, комп'ютерні мережі) і *системи передачі неперервних повідомлень* (системи радіомовлення, аналогового телебачення, телефонії і т. п.)

Система зв'язку називається *багатоканальною*, якщо вона забезпечує незалежну передачу декількох повідомлень по одному спільному каналу зв'язку.

*Лінією зв'язку* називається середовище для передачі сигналів від передавача до приймача. У системах електричного зв'язку, зокрема, це пара дротів, кабель або хвилевід, в системах радіозв'язку - область вільного простору (ефір), в якому розповсюджуються електромагнітні хвилі, в системах оптичного зв'язку - область вільного простору або оптоволокно.

Специфіка різних сфер застосування систем зв'язку (систем передачі інформації) вимагає різного підходу до їх реалізації. Система передачі даних по телефонних каналах абсолютно не схожа на систему космічного зв'язку або цифрову систему тропосферного зв'язку. Проте в методах побудови і призначення окремих пристроїв найрізноманітніших систем багато спільного. Це дає можливість розглядати неперервні і дискретні (включаючи цифрові) системи зв'язку із спільних позицій, відволікаючись від специфіки їх застосування і конкретних умов роботи, що дозволяє з'ясувати ряд важливих положень, характерних для будь-якої системи передачі інформації.

Канал передачі сигналу в найпростішому випадку складається з лінії зв'язку (ЛЗ) з джерела сигналу на вході і приймача на виході.



У випадку багатоканальної передачі або радіоканалу додатково використовуються модулятор М і демодулятор Д (Рисунок 1.1).

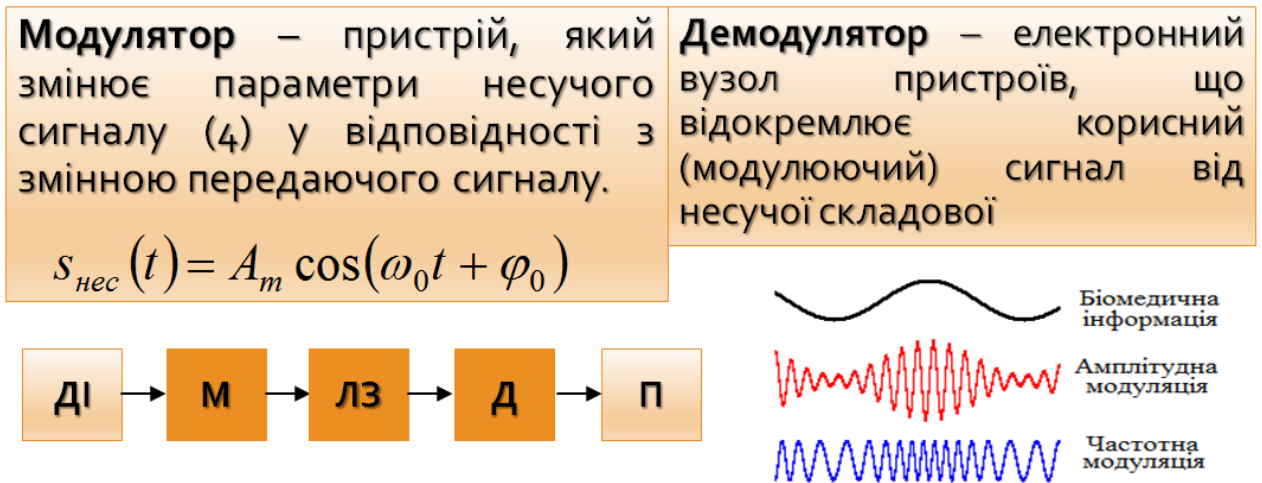


Рисунок 1.1. Багатоканальна передача або радіоканал

Канали зв'язку характеризуються ємністю (об'ємом)  $V_k$ , який визначається по формулі:

$$V_k = T_k F_k D_k, \quad (1.1)$$

де  $T_k$  – час можливої передачі сигналу через канал;

$F_k$  – смуга пропускання каналу;

$D_k$  – динамічний діапазон каналу:

$$D_k = \frac{P_s}{P_i}, \quad (1.2)$$

де  $P_s$  – допустима в каналі потужність передаючого сигналу,

$P_i$  – потужність завади в каналі.

## 1.2 Безпроводне середовище передачі

### 1.2.1 Переваги безпроводних комунікацій

Можливість передавати інформацію без дротів, що прив'язує (у буквальному розумінні цього слова) абонентів до певної точки простору, завжди була дуже привабливою. І як тільки технічні можливості ставали достатніми для

того, щоб новий вид безпроводних послуг придбав дві необхідні складові успіху – зручність використання і низьку вартість, – успіх йому був гарантований.

Останній тому доказ — мобільна телефонія. Перший мобільний телефон був винайдений ще в 1910 році Ларсом Магнусом Еріксоном (Lars Magnus Ericsson). Цей телефон призначався для автомобіля і був безпроводним тільки під година руху. Проте в русі їм не можна було користуватися, для розмови треба було зупинитися, вийти з автомобіля і за допомогою довгих жердин приєднати телефон до придорожніх телефонних дротів.

Зрозуміло, що певні незручності і обмежена мобільність завадили комерційному успіху цього виду телефонії.

Пройшло багато років, перш ніж технології радіодоступу досягли певної міри зрілості і у кінці 70-х забезпечили виробництво порівняно компактних і недорогих радіотелефонів. З того годині почався бум мобільної телефонії, який триває нині.

Безпроводний зв'язок не обов'язково означає мобільність. Існує так звані фіксований безпроводний зв'язок, коли взаємодіючі вузли постійно розташовуються в межах невеликої території – наприклад певної будівлі. Фіксований безпроводний зв'язок застосовується замість дротяного, коли з якоїсь причини неможливо або не вигідно використати кабельні лінії зв'язку. Причини можуть бути різними. Наприклад, малонаселена або важкодоступна місцевість – болотисті райони і джунглі Бразилії, пустелі, крайня Північ або Антарктида ще не скоро дочекаються своїх кабельних систем. Інший приклад – будівлі, що мають історичну цінність, стіни яких не дозволено піддавати випробуванню прокладенням кабелю. Ще один випадок використання фіксованого безпроводного зв'язку, що часто зустрічається, – отримання доступу абонентам, дома яких вже підключені до точок присутності існуючих уповноважених операторів зв'язку. Нарешті, організація тимчасового зв'язку, наприклад, при проведенні конференції у будівлі, в якій відсутній дротяний канал, що має швидкість, достатню для якісного обслуговування численних учасників конференції.

Безпроводний зв'язок вже досить давно використовується для передачі даних. До недавнього часу велика частина застосувань безпроводного зв'язку в комп'ютерних мережах була пов'язана з її фіксованим варіантом. Не завжди архітектори і користувачі комп'ютерної мережі знають про те, що на якійсь ділянці шляху дані передаються не по дротах, а поширюються у вигляді електромагнітних коливань через атмосферу або космічний простір. Це може відбуватися у тому випадку, коли комп'ютерна мережа орендує лінію зв'язку у оператора первинної мережі, і окремий канал такої лінії є супутниковим або наземним НВЧ-каналом.

Починаючи з середини 90-х років досягла необхідної зрілості і технологія мобільних комп'ютерних мереж. З появою стандарту IEEE 802.11 в 1997 році з'явилася можливість будувати мобільні мережі Ethernet, що забезпечують взаємодію користувачів незалежно від того, в якій країні вони знаходяться і устаткуванням якого виробника вони користуються. Поки такі мережі ще грають досить скромну роль в порівнянні з мобільними телефонними мережами, але аналітики передбачають їх швидке зростання найближчими роками.

Безпроводні мережі часто зв'язують з *радіосигналами*, проте це не завжди вірно. Безпроводний зв'язок використовує широкий діапазон електромагнітного спектру, від радіохвиль низької частоти в декілька кілогерц до видимого світла, частота якого складає приблизно  $8 \times 10^{14}$  Гц.

### 1.2.2 Безпроводна лінія зв'язку

Безпроводна лінія зв'язку будується відповідно до досить простої схеми (Рисунок 1.7).

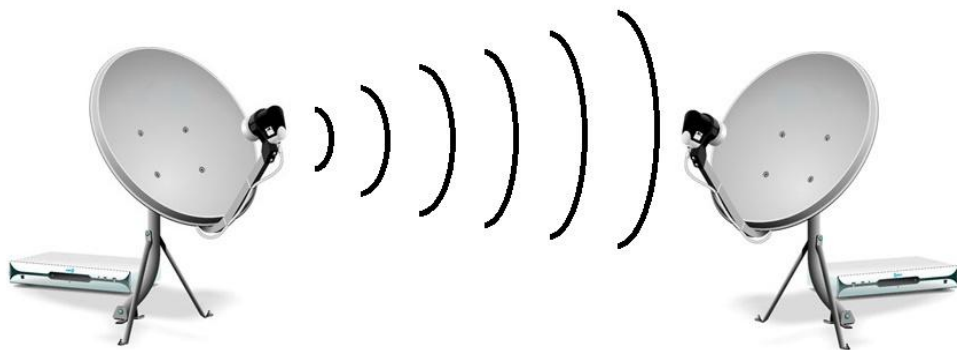


Рисунок 1.2. Безпроводна лінія зв'язку

Кожен вузол оснащується антеною, яка одночасно є передавачем і приймачем електромагнітних хвиль. Електромагнітні хвилі поширюються в атмосфері або вакуумі із швидкістю  $3 \times 10^8$  м/с на всіх напрямках або ж в межах певного сектора.

Спрямованість або не спрямованість поширення залежить від типу антени. На рисунку 1.2 зображено параболічну антену, яка є *спрямованою*. Інший тип антен – ізотропні антени, які представляють собою вертикальний провідник завдовжки в чверть хвилі випромінювання, є не напрямленими. Вони широко використовуються в автомобілях і портативних пристроях. Поширення випромінювання на всіх напрямках можна також забезпечити декількома спрямованими антенами.

Оскільки при не напрямленому поширенні електромагнітні хвилі заповнюють увесь простір (в межах певного радіусу, який визначається загасанням потужності сигналу), то цей простір може служити роздільним *середовищем*. Розділення середовища передачі породжує ті ж проблеми, що і в локальних мережах, проте тут вони посилюються тим, що простір на відміну від кабелю є загальнодоступним, а не належить одній організації.

Крім того, дротяне середовище строго визначає напрям поширення сигналу в просторі, а безпровідне *середовище є не напрямленим*.

Для передачі дискретної сигналу за допомогою безпровідної лінії зв'язку необхідно модулювати електромагнітні коливання передавача відповідно до потоку переданих бітів. Цю функцію виконує DCE-пристрій, який розміщений між антеною і DTE-пристроєм, яким може бути комп'ютер, комутатор або маршрутизатор комп'ютерної мережі.

### 1.2.3 Діапазони електромагнітного спектру

Характеристики безпровідної лінії зв'язку – відстань між вузлами, територія охоплення, швидкість передачі сигналу і т. п. – багато в чому залежать від частоти використовуваного електромагнітного спектру ( $f$  частота і  $X$  довжина хвилі пов'язані співвідношенням  $c = f \cdot X$ ).

На рисунку 1.3 зображено діапазони електромагнітного спектру. Можна сказати, що вони і безпроводні системи передачі інформації, що відповідають їм, діляться на чотири групи.

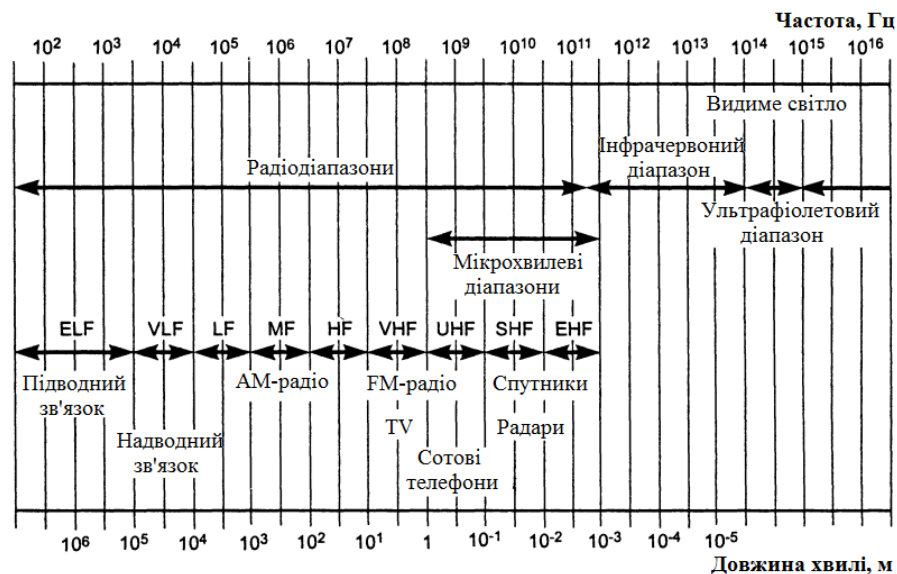


Рисунок 1.3. Діапазони електромагнітного спектру

Діапазон до 300 ГГц має загальна стандартна назва -радіодіапазон. Союз ІТУ розділив його на декілька піддіапазонів (вони зображені на Рисунок1.3), починаючи від наднизьких частот (ExtremelyLowFrequency, ELF) і закінчуючи надвисокими (ExtraHighFrequency, EHF). Звичні для нас радіостанції працюють в діапазоні від 20 кГц до 300 МГц, і для цих діапазонів існує хоча і не визначене в стандартах, проте часто використовувана назва ширококомвне радіо. Сюди потрапляють низькошвидкісні системи AM- і FM-діапазонів, які призначені для передачі даних зі швидкостями від декількох десятків до сотень кілобіт в секунду. Прикладом можуть служити радіомодеми, які сполучають два сегменти локальної мережі на швидкостях 2400, 9600 або 19200 Кбіт/с.

Декілька діапазонів від 300 МГц до 3000 ГГц мають також нестандартну назву мікрохвильових діапазонів. Мікрохвильові системи представляють найбільш широкий клас систем, що об'єднує радіорелейні лінії зв'язку, супутникові канали, безпроводні локальні мережі і системи фіксованого безпроводного доступу, які називаються також системами безпроводних абонентських закінчень (WirelessLocalLoop, WLL).

Вище за мікрохвильові діапазони розташовується інфрачервоний діапазон. Мікрохвильові і інфрачервоний діапазони також широко використовуються для безпроводної передачі інформації. Оскільки інфрачервоне випромінювання не може проникати через стіни, то системи інфрачервоних хвиль використовуються для утворення невеликих сегментів локальних мереж в межах одного приміщення.

Останніми роками видиме світло теж стало застосовуватися для передачі інформації(за допомогою лазерів). Системи видимого світла використовуються як високошвидкісна альтернатива мікрохвильовим двоточковим каналам для організації доступу на невеликих відстанях.

#### 1.2.4. Поширення електромагнітних хвиль

Перерахуємо деякі загальні закономірності поширення електромагнітних хвиль, пов'язані з частотою випромінювання:

- Чим вище несуча частота, тим вища швидкість передачі даних;
- Чим вища частота, тим гірше проникає сигнал через перешкоду.

Низькочастотні радіохвилі АМ-діапазону легко проникають в дім, дозволяючи цим обходитись кімнатними антенами. Більш-того високоякісний сигнал телебачення потребує як правило, зовнішньої антени. І на кінець інфрачервоний і видимий промінь не проходять через стіни, що обмежує передачу в прямої видимості.

- Чим вища частота, тим швидше зменшується енергія сигналу з відстані від джерела. При розповсюдженні електромагнітних хвиль у вільному просторі (без відбивання) затухання потужності сигналу пропорційне квадрату відстані від джерела на квадрат частоти сигналу.

- Низькі частоти (до 2МГц) розповсюджують вздовж поверхні землі. Саме тому сигнали АМ-радіо можуть передаватись на сотні кілометрів.

- Сигнали від 2 до 30 МГц відбиваються іоносферою землі, тому вони можуть розповсюджуватись на великі відстані в декілька тисяч кілометрів.

- Сигнали більше 30 МГц розповсюджуються тільки по прямій, тобто є сигналами прямої видимості. При частоті вище 4ГГц їх спіткають неприємності –

вони поглинаються водою, а це означає, що не тільки дощ, а і туман може стати причиною погіршення сигналу.

На рисунку 1.1 показано, що сигнал, зустрівшись з перешкодою, може поширюватися відповідно до трьох механізмів: відображенням, дифракцією і розсіюванням.

Коли сигнал зустрічається з перешкодою, яка частково прозора для цієї довжини хвилі і в той же час розміри якого набагато перевищують довжину хвилі, то частина енергії сигналу відбивається від такої перешкоди. Хвилі мікрохвильового діапазону мають довжину декілька сантиметрів, тому вони частково відбиваються від стін будинків при передачі сигналів в місті. Якщо сигнал зустрічає непроникну для нього перешкоду (наприклад, металеву пластину) також набагато більшого розміру, ніж довжина хвилі, то відбувається дифракція – сигнал як би огинає перешкоду, так що такий сигнал можна отримати, навіть не знаходячись в зоні прямої видимості. І нарешті, при зустрічі з перешкодою, розміри якого співрозмірні з довжиною хвилі, сигнал *розсіюється, поширюючись* під різними кутами.

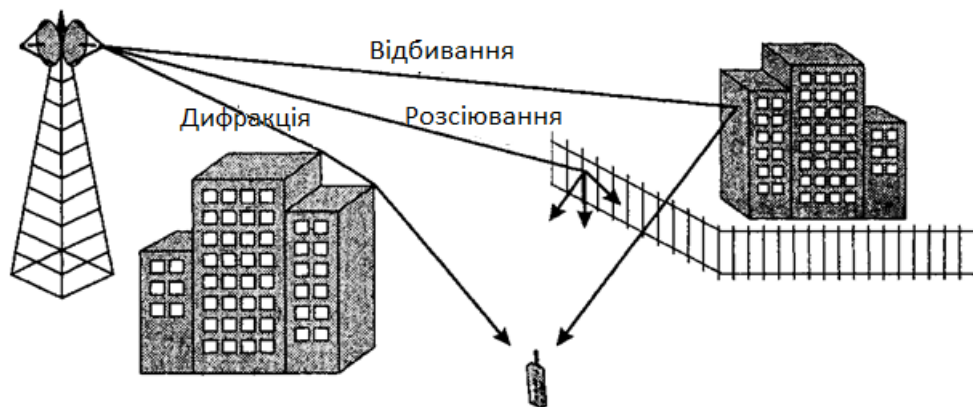


Рисунок 1.4. Розповсюдження електромагнітної хвилі

В результаті подібних явищ, які всюди зустрічаються при безпроводному зв'язку в місті, приймач може отримати декілька копій одного і того ж сигналу. Такий ефект називається багатопроменевим поширенням сигналу. Результат

багатопроменевому поширенню сигналу часто виявляється негативним, оскільки один з сигналів може прийти із зворотною фазою і подавити основний сигнал.

### 1.3 Методи виявлення сигналів в каналах радіозв'язку

1.3.1 Когерентне виявлення. Нехай спотворення у каналі детерміновані а випадковим є лише гаусівський шум  $N(t)$ . Це означає, що при передаванні сигналу  $u_i(t)$  (символу  $b_i$ ,  $i=1, 2, \dots, m$ ) приходячий сигнал можна описати моделлю:

$$z(t)=s_j(t)+n(t), \quad 0 \leq t \leq T, \quad (1.3)$$

де  $s_i(t)=k u_i(t-\tau)$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) відомі. Невідомі лише реалізація завади та індекс  $i$  (номер) дійсно переданого сигналу, який має визначити схема рішення.

Алгоритм рішення про передачу  $s_i(t)$  має вигляд

$$\int_0^T z(t)s_i(t) dt - 0,5E_i \geq \int_0^T z(t)s_j(t) dt - 0,5E_j, \quad j=1, 2, \dots, m-1, \quad (1.4)$$

де  $E_j = \int_0^T s_j^2(t) dt$  - енергія очікуваного сигналу.

Скалярний добуток

$$(\bar{z}, \bar{s}_i) = \int_0^T z(t)s_i(t) dt \quad (1.5)$$

обчислює пристрій, який називають *активним фільтром* або корелятором. Приймач-виявляч, який реалізує алгоритм (1.3) називають *кореляційним*.

Розглянемо структурну схему приймаючого кореляційного пристрою (Рисунок1.5).



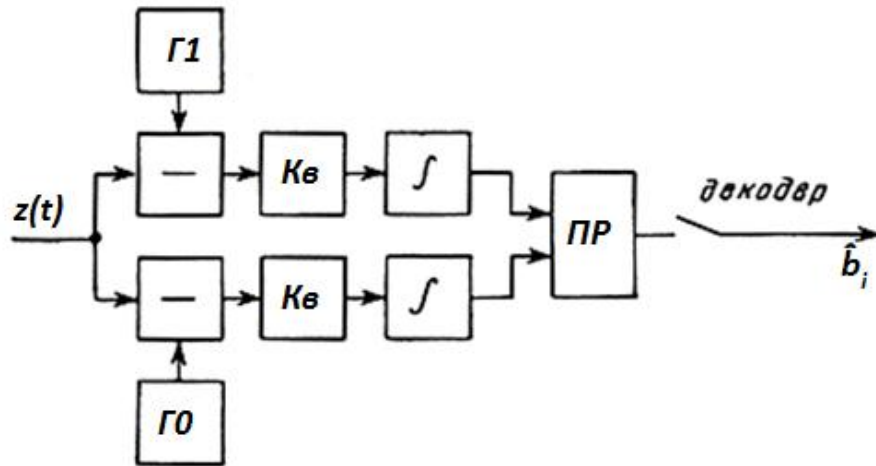


Рисунок 1.5. Оптимальний демодулятор при точно відомих сигналах (кореляційний приймач):  $\Gamma_i$  – генератор опорних сигналів  $s_i(t)$ ;  $\int$  – інтегратори; « $\leftarrow$ » – пристрої віднімання; ПР – пристрій рішення, який визначає у моменти часу кратні  $T$  (при замиканні ключа  $k$ ) номер гілки з максимальним сигналом [28].

Якщо сигнали  $u_i(t)$  (їх реалізації  $s_i(t)$ ) мають однакові енергії  $E_i = \text{const}$  (системи з *активною паузою*), то алгоритм приймання (1.4) спрощується (відпадає потреба віднімаючих пристроїв)

$$\max_i \int_0^T z(t) s_i(t) dt. \quad (1.6)$$

Для двійкової системи ПДП ( $m=2$ ) з системи нерівностей (1.1) залишається одна нерівність і алгоритм спрощується

$$\int_0^T z(t) s_1(t) dt - 0,5E_1 > \int_0^T z(t) s_2(t) dt - 0,5E_2, \quad (1.7)$$

або

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

де  $s_{\Delta}(t) = s_1(t) - s_2(t)$  – різницевий сигнал;

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

При виконанні нерівності (1.7) реєструється символ 1 а при невиконанні – 0.  
Для реалізації потрібна одна гілка з попередньої схеми (з Рисунок 1.5).

Для систем сигналів з однаковою енергією  $\lambda=0$  (системи з *активною паузою*), що полегшує реалізацію оптимального приймача.

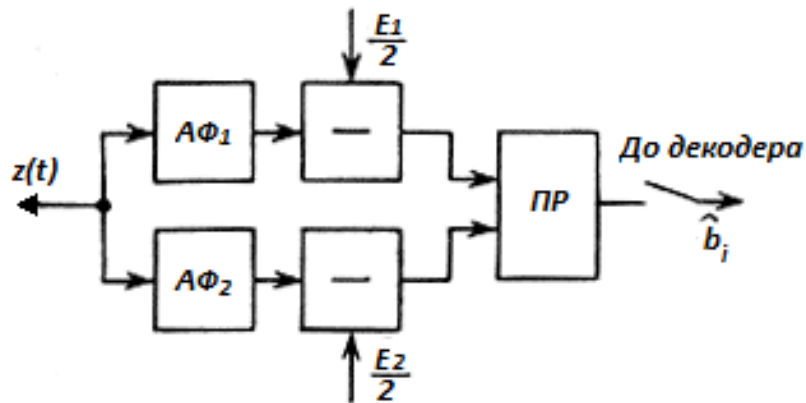


Рисунок1.6. Оптимальний демодулятор для точно відомих двійкових сигналів на основі корелятора (на базі активного фільтра) [28]

Розглянемо схему (Рисунок1.7), що реалізує оптимальний алгоритм приймання при відомих сигналах (когерентний прийом) для двійкової системи передачі однополярними імпульсами (з *пасивною паузою*):  $s_1(t)=a$ ,  $s_2(t)=0$ .

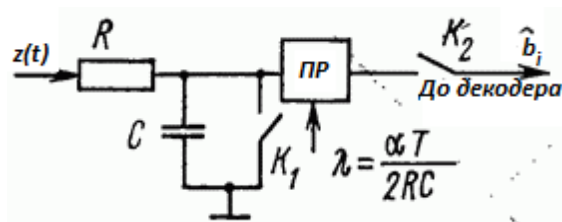


Рисунок1.7. Реалізація оптимального приймання двійкових прямокутних відеоімпульсів (на основі корелятора на базі пасивного фільтра) [28]

При цих сигналах  $s_{\Delta}(t)=s_1(t)=a$ ,  $E_1=a^2T$ ,  $E_2=0$ ,  $\lambda=a^2T$  алгоритм приймання (правило 1.7) приймає вигляд:

$$\int_0^T z(t) dt > aT / 2. \quad (1.8)$$

Інтегрування здійснює ланка  $RC$  при умові  $RC \gg T$  (постійна часу ланки-інтегратора набагато більша привалості елемента сигналу).

На конденсаторі  $C$  у момент часу  $T$  (по завершенні сигналу) напруга

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

Якщо напруга  $V$  перевищує пороговий рівень  $\lambda = aT / 2RC$ , який вводять у ПР, то в ПР записується 1 (при замиканні ключа  $K2$ ), а при  $V < \lambda$  записується 0.

Після запису треба скинути напругу з інтегратора, щоб приймати наступний елемент сигналу. Замикаючи ключ  $K1$ , розряджають конденсатор  $C$ .

Цю ж схему (Рисунок1.7) використовують для демодуляції у двійковій системі передавання двополярними імпульсами (з *активною паузою*):  $s_1(t) = a$ ,  $s_2(t) = -a$ . Тут  $s_{\Delta}(t) = 2a$ ,  $E_1 = E_2$ ,  $\lambda = 0$ . Правило (алгоритм) приймання:

$$\int_0^T z(t) dt > 0. \quad (1.9)$$

ПР перетворюється у дискримінатор полярності, який видає 1 при  $V > \lambda$  і 0 при  $V < \lambda$ .

Дві розглянуті схеми застосовують у простих засобах провідного зв'язку. У радіоканалах та сучасних кабельних системах використовують високочастотні сигнали. Найпростіші двійкові системи з гармонічними несучими це – системи з АМ; до схеми Рисунок4.4 додатково входить блок перемноження з опорним сигналом, а пороговий рівень  $\lambda = aT / 4RC$ .

Для двійкової системи з ФМ  $\lambda = 0$ . Це система з *активною паузою*; тут РП – дискримінатор полярності. Опорний сигнал має бути синфазний з приходячим сигналом – когерентний прийом.

1.3.2 Узгоджена фільтрація. Узгоджені фільтри використовують для виявлення сигналів на фоні завад, для підвищення відношення сигнал/шум. Завданням узгодженого фільтра є не відновлення форми сигналу, спотвореної шумом, а отримання одного *відліку*, за яким можна вирішувати про присутність чи відсутність на вході фільтра сигналу з відомою формою.

Розглянутий вище кореляційний приймач будують на основі корелятора (активного фільтра), який обчислює скалярний добуток:

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

Цей скалярний добуток можна обчислити і з допомогою пасивного лінійного фільтра з постійними параметрами.

Якщо на вхід фільтра подати сигнал  $z(t)$ , то напруга на виході фільтра

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

де  $g(\tau)$  – імпульсна реакція фільтра; її вибирають так, щоб у момент часу  $t=T$  (закінчення сигналу) значення  $y(T)$  співпадало зі скалярним добутком (1.10). Це виконується, якщо  $g(t) = s_i(T - \tau)$ , то

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

Такий фільтр називають *узгодженим з сигналом  $s_i(t)$*  - це лінійний фільтр з постійними параметрами та імпульсною реакцією:

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

де  $a$  і  $t_0$  – постійні. Функція  $g(t)$  є дзеркальним відображенням  $s(t)$  відносно точки  $t_0/2$ .

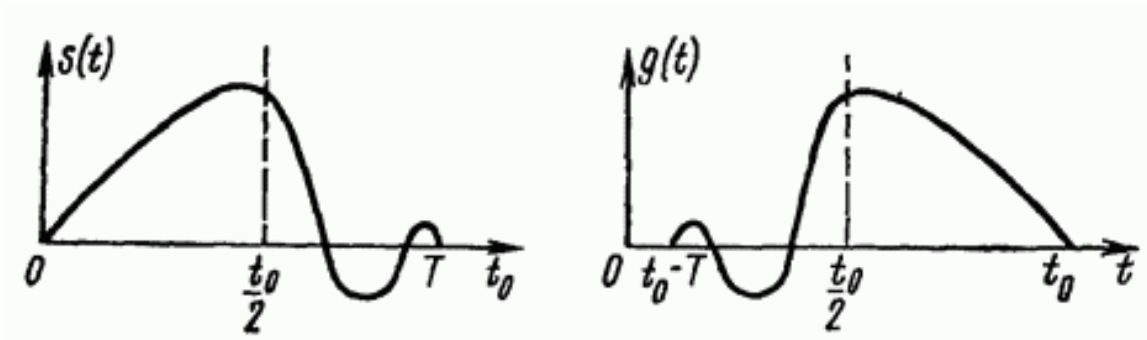


Рисунок 1.9. Сигнал  $s(t)$  та імпульсна реакція  $g(t)$  лінійного фільтра, узгодженого з цим сигналом [28]

Передаточна функція (характеристика) узгодженого фільтра (УФ) з імпульсною реакцією (1.11) визначається перетворенням Фур'є:

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

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

Отже амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) узгодженого фільтра визначається *амплітудним спектром сигналу* (тобто фільтр добре пропускає частоти, які дають основний вклад в енергію сигналу) а його фазо-частотна характеристика (ФЧХ) *обернена* по знаку до фазової характеристики сигналу.

Демодулятор, що реалізує алгоритм (1.11) про передачу  $s_i(t)$  може бути виконаний і на базі узгодженого фільтра (Рисунок 1.9).

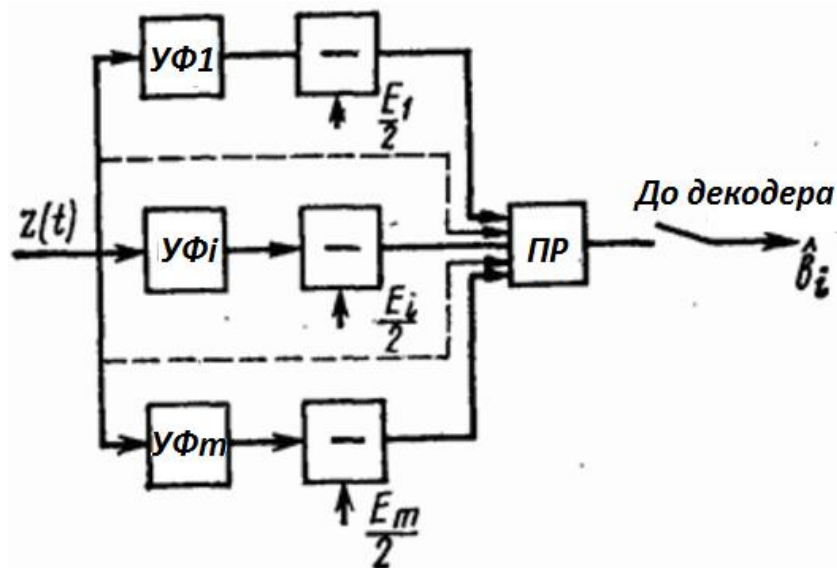


Рисунок 1.10. Оптимальний демодулятор на основі узгоджених фільтрів УФ [28]

Завданням УФ є не відновлення форми сигналу, спотвореного шумом, а отримання *одного відліку*, за яким можна робити висновок (судити) про присутність чи відсутність на вході фільтра сигналу з відомою формою.

*Реалізація УФ:*

- УФ для фінітного сигналу *довільного* виду  $s(t)$  реалізують на основі ліній затримки (сигналу на час  $T$ ) з відводами через інтервали  $\Delta t = 1/2F_c$  і блоками зважування  $a_k = s(k \cdot \Delta t)$  [за рядом Котельникова].

- Фільтр узгоджений з *прямокутним імпульсом* має у своєму складі лінію затримки на час  $T$ , інвертор, суматор, конденсатор.

- Фільтр узгоджений з *прямокутним радіоімпульсом* додатково має високодобротний коливальний контур.

Демодулятор з УФ не має опорних генераторів (на відміну від демодулятора з активними фільтрами) і не має проблем забезпечення когерентності (узгодження по фазі з вхідним сигналом). Проте у схемі з УФ є (залишаються) труднощі когерентного відліку з ( $\approx$  періоду) ВЧ заповнення радіоімпульсу.

1.3.3 Некогерентне виявлення. Якщо початкова фаза сигналу не відома і може приймати довільні значення  $\theta$  в інтервалі  $0 \dots 2\pi$ , використовують відношення правдоподібності  $\Lambda_i$  для сигналу  $s_i(t)$  :

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

де  $h_i^2 = \frac{E_i}{N_0}$ ;  $E_i = \int_0^T s_i^2(t) dt$  - енергія очікуваного сигналу;

$N_0$  – спектральна густина потужності білого шуму;

$I_0(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^{-x \cos(\varphi - \theta)} d\varphi$  - модифікована функція Бесселя 1-го роду;

$\theta$  – випадковий зсув фази сигналу в каналі.

Алгоритм оптимального некогерентного приймання:

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

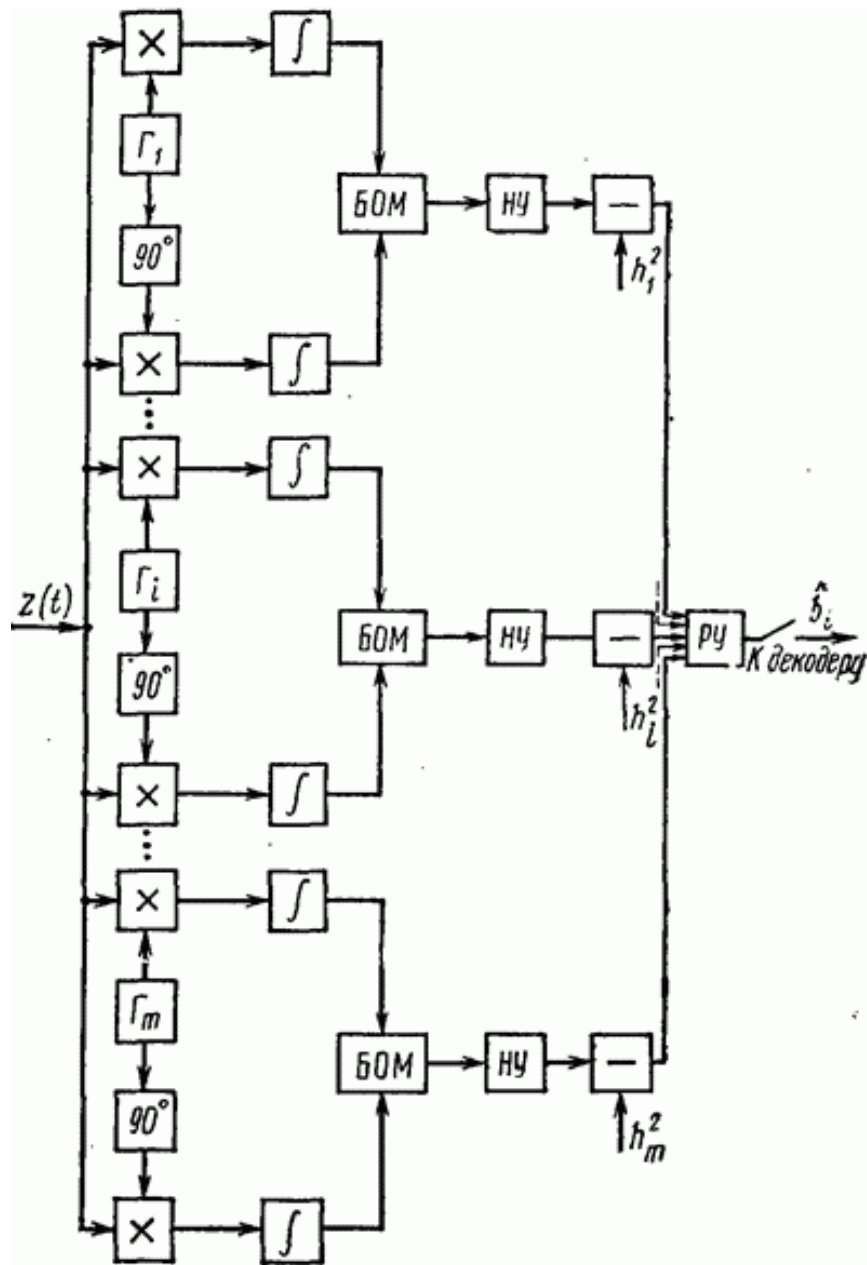


Рисунок 1.11. Квадратурна схема реалізації оптимального прийому дискретних повідомлень при невизначеній фазі сигналу [28]:

$\Gamma_i$  – генератор опорних сигналів  $u_i(t)$  з точністю до початкової фази;

$90^\circ$  – фазообертач усіх сигнальних компонентів на 90 градусів (перетворювач Гільберта);

БОМ – блок визначення модуля вектора  $V_i = \sqrt{y_i^2 + \xi_i^2}$  за ортогональними складовими;

НУ – нелінійний безінерційний пристрій з характеристикою  $u_{out} = \ln I_0(\frac{2}{N_0} u_{in})$ .



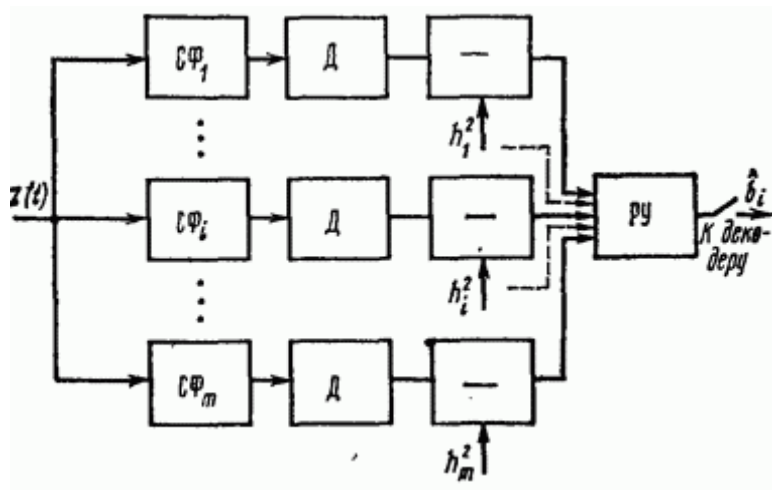


Рисунок 1.12. Схема реалізації оптимального приймання дискретних повідомлень на базі узгоджених фільтрів при невизначеній фазі сигналу [28]

#### 1.4 Висновки до розділу 1

В розділі наведено класифікацію каналів та ліній зв'язку, проаналізовано безпроводне середовище передачі, зокрема його переваги безпроводних комунікацій, організацію безпроводна лінія зв'язку, діапазони електромагнітного спектру та принцип поширення електромагнітних хвиль та способи виявлення сигналів в каналах радіозв'язку.

Спричинені завадами спотворення радіосигнали в каналах радіозв'язку дають поштовх до побудови методу дослідження виявлення сигналів у суміші із завадами, тому що цей етап є первинним при опрацюванні сигналів, і визначає подальшу коректність прийому даних у каналах радіозв'язку.

## РОЗДІЛ 2

### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИГНАЛУ

#### 2.2 Структура математичної моделі сигналі в каналах радіозв'язку

При побудові систем передачі сигналу (Рисунок 2.1) канал відбору, як правило, є заданою ланкою, з якою джерела і блоки повинні бути узгоджені.



Рисунок 2.1. Загальний принцип побудови систем передачі сигналу

Канали передачі сигналу класифікуються по різних ознаках – по використовуваних лініях (мідні, металічні, алюмінії, безпроводні), по смузі частот (високочастотні, низькочастотні).

Для порівняння можливих способів побудови системи передачі сигналів і прогнозування її характеристик без безпосередніх експериментальних випробувань необхідно мати в своєму розпорядженні різні характеристики вхідних в неї каналів. Вичерпний опис каналу, що дає змогу розрахувати або оцінити будь-які його характеристики, називають моделлю каналу. Модель слід відрізнити від часткового опису каналу, що складається лише з окремих характеристик, необхідних в тих або інших конкретних випадках. Загальними вимогами до моделі є її простота (зручність використання) і точність (збіжність з експериментальними даними). Через складність реальних каналів ці вимоги, як правило, суперечливі; при побудові моделі необхідний розумний компроміс.

Модель реального каналу (якщо не цікавитися внутрішніми процесами в системі) зводиться до завдання математичній моделі сигналів на вході і виході каналу (або створюючих його електричних кіл) і зв'язків між ними. Зв'язок сигналів (у загальному випадку багатовимірних, векторних) на вході  $s \in \mathcal{S}$  виході  $\xi \in \mathcal{X}$  (останні називають також відгуком або реакцією системи) можна задати системним оператором:

$$\xi \in \mathcal{X} = L \{ s \in \mathcal{S} \}. \quad (2.1)$$

Для опису каналу відбору, слід задати область  $V_x$  деякого функціонального простору, яка називається областю допустимих вхідних дій. Вказівку цій області описує характер вхідних сигналів, які можуть бути безперервними, дискретними, цифровими детермінованими або випадковими. Аналогічно повинна бути визначена область у  $V$  допустимих вихідних сигналів.

Математичною моделлю системи (каналу) називають сукупність системного оператора і  $L$  областей допустимих сигналів  $V_x$  і  $V_y$ . Класифікацію систем (каналів) можна проводити на підставі характерних властивостей їх математичних моделей. Говорять, що система стаціонарна, якщо її відгук на виході не залежить від того, в який момент часу поступає вхідний сигнал. Стаціонарні системи називають системами з постійними в часі параметрами. Якщо властивості системи залежать від того, в який момент часу поступає вхідний сигнал, систему називають нестаціонарною (системою із змінними в часі параметрами або параметричною системою).

Найважливіший принцип класифікації каналів зв'язку заснований на тому, що різні системи по-різному реагують на суму декількох сигналів. Якщо оператор системи у виразі (2.1) задовольняє принципу суперпозиції:

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

де  $\alpha$  – довільне число, то система називається лінійною. Якщо умови (2.2) не задовольняються – система називається нелінійною.

Строго кажучи, всі фізичні канали зв'язку і складові їх ланки (кола) в тому або іншому ступені нелінійні. Проте дуже багато каналів вельми точно описуються лінійними моделями. Розглянемо короткий опис моделі лінійного каналу, а саме найпростішу модель для каналу зв'язку – це канал з адитивним шумом, який зображений на Рисунок 2.2.

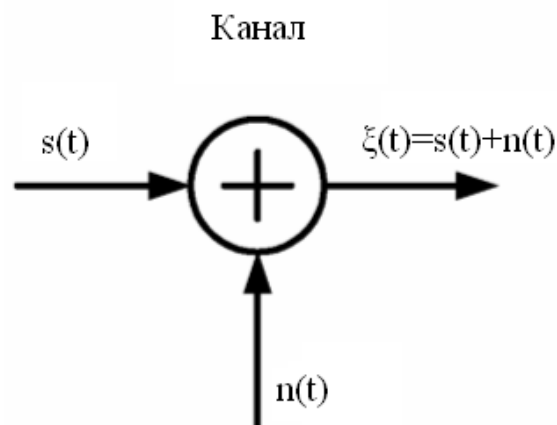


Рисунок 2.2. Модель сигналу в каналах зв'язку систем передачі сигналу

У цій моделі сигнал  $s(t)$  схильний до дії лише адитивного шумового процесу  $n(t)$ . Фізично адитивний шум виникає від сторонніх електричних перешкод, електронних компонентів і підсилювачів в системі та ін.

Якщо шум обумовлений в основному електронними компонентами і підсилювачами в системі, його можна описати як білий шум Гауса.

Як наслідок, результуючу математичну модель зазвичай називають каналом з адитивним шумом Гауса. Оскільки ця модель застосовна до широкого класу фізичних каналів зв'язку і має просту математичну інтерпретацію, вона є переважаючою моделлю каналу при аналізі і синтезі систем передачі інформації.

## 2.2 Математична модель завади в системах передачі сигналів

Білий шум є стаціонарним випадковим процесом  $n(t)$ , в якого

автокореляційна функція описується дельта - функцією Дираку і, відповідно, спектральна густина потужності не залежить від частоти і має постійне значення  $W(f) = \sigma^2$ , рівне дисперсії значень  $n(\Delta t)$ . Іншими словами, всі спектральні складові білого шуму мають однакову потужність (як білий колір містить всі кольори видимого спектру). По суті, це випадковий процес, що ідеалізується, з безконечною енергією. Але в разі постійності спектральної щільності потужності випадкового процесу в кінцевому діапазоні частот введення такої ідеалізації дозволяє розробляти досить легкі оптимальні методи фільтрації, що реалізуються. Багато перешкод в радіотехніці, в техніці зв'язку і в інших галузях, у тому числі в інформатиці, розглядають як білий шум, якщо ефективна ширина спектру сигналів  $B_s$  багато менше ефективної ширини спектру шумів  $B_n$ , а спектральна густина потужності шумів слабо змінюється в інтервалі спектру сигналу. Поняття "Білий шум" визначає лише спектральну характеристику випадкового процесу і під це поняття підпадають будь-які випадкові процеси, що мають рівномірний енергетичний спектр і різні закони розподілу.

Якщо частотний діапазон спектру, на якому розглядаються ЕРГ і завади, рівний 0-B, то спектральна густина шуму описується виразом:

$$W_n(f) = \sigma^2, 0 \leq f \leq B; W_n = 0, f > B, \quad (2.5)$$

при цьому кореляційна функція завади описується виразом:

$$R_n(\tau) = \sigma^2 B \sin(\pi B \tau) / 2\pi B \tau. \quad (2.6)$$

Ефективний інтервал кореляції:

$$T_k = 2 \int_0^{\infty} |R_n(\tau)| d\tau / R_n(0). \quad (2.7)$$

Реальний інтервал кореляції доцільно визначати по ширині головного

максимуму функції  $R_n(\tau)$  (значення  $\tau$  при перших пересіченнях нульової лінії), в якому зосереджена основна частина енергії шумів, при цьому  $T_k = 1/B$  і  $BT_k = 1$ .

Як впливає зі всіх цих виразів і наочно видно на Рисунок 2.2, при обмеженні частотного діапазону в шумах з'являється певна кореляція між значеннями, і, чим менше частотний діапазон шумів, тим більше їх радіус кореляції. По суті, обмеження шумів певним частотним діапазоном еквівалентно фільтрації білого шуму частотним фільтром з відповідною шириною смуги пропускання, при цьому, кореляційна функція імпульсного відгуку фільтру згортається з дельта – функцією білого шуму.

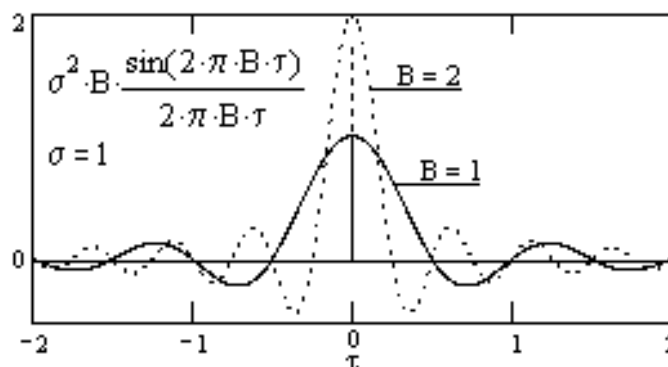


Рисунок 2.3. Функції кореляції білого шуму в частотному інтервалі 0-B.

Модель дискретного білого шуму  $n(\Delta t)$  можна формувати як випадкову за часом (аргументу) послідовність дельта - імпульсів  $\delta(\Delta t)$  з випадковими амплітудними значеннями  $a_k$ :

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

яка задовольняє умовам статистичної однорідності: постійне середнє число імпульсів в одиницю часу і статистична незалежність появи кожного імпульсу від попередніх. Такий потік імпульсів, який називають пуассоновим, є некорельованим і має рівномірний спектр густини потужності:

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

де  $N$  - число імпульсів на інтервалі  $T$  реалізації випадкового процесу,  $\sigma_a^2$  - дисперсія амплітуд імпульсів.

### 2.3 Висновки до розділу 2

У розділі обґрунтовано математичну модель сигналу у каналах радіозв'язку систем передачі сигналу у вигляді адитивної суміші корисного сигналу та завади типу білого гаусівського шуму.

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ЗА КРИТЕРІЄМ НЕЙМАНА-ПІРСОНА

В процесі розробки радіотехнічних систем радіозв'язку, необхідно мати модель сигналу та методи її опрацювання, на основі яких розробляється радіотехнічна система радіозв'язку. Оскільки лише з вимог до моделі та методів її опрацювання розробляються можливості апаратури.

#### 3.1. Проблема виявлення сигналів

В сучасних умовах, які характеризуються складністю задач, які вирішуються радіотехнічними системами радіозв'язку, і різноманітністю завадного середовища, розробка достатньо досконалих систем можлива на базі сучасних методів оптимізації (синтезу). Загальну проблему синтезу систем виявлення умовно можна розділити на дві часткові задачі:

- 1) Вибір “найкращих” сигналів для досягнення необхідного результату з врахуванням реальної обстановки
- 2) Оптимальне опрацювання (виявлення) сигналів;

Головна задача виявлення сигналів зводиться до найкращого відновлення корисної сигналу по сигналу. В багатьох практичних ситуаціях виявлення сигналів повинно здійснюватися при найбільших відношення сигнал-шум.

Основну проблему оптимального виявлення сигналів можна сформулювати так. Нехай наперед (апріорні) відомі деякі характеристики сигналу і завади, і також їх функціональні взаємодії, необхідно отримати оптимальний виявляючий або розв'язуючий пристрій, який б найкращим чином створювало передаючий сигнал або приймало рішення з найменшими помилками. Чим більше достовірних апріорних відомостей, тим легше і точніше вирішується сформульована задача.

При синтезі виявляючих пристроїв вихідними є два положення:



- 1) Вибір математично продуктивного критерію оптимальності в відповідності з фізичним змістом і цільовим змістом, який вирішує практичну задачу.
- 2) Чітко математично сформульована задача, яка враховує всі апріорні відомості і дозволяє вирішити її з відповідності з прийнятим критерієм.

Кінцем вирішення задачі синтезу і його кінцевої цілі є його наступні чотири основних змістовних результатів:

- 1) Структура оптимального виявлення пристрою (структурний синтез). В результаті синтезу (оптимізації) повинен бути отриманий алгоритм обробки прийнятого сигналу, який реалізується у вигляді відповідних структурних або функціональних схем.
- 2) Кількісна оцінка якості роботи (кількісний синтез). Після чого як отримана оптимальна структурна схема, необхідно визначити її параметри, і обчислити кількісні показники якості роботи пристрою в відповідності з прийнятим критерієм.
- 3) Чутливість до відхилень від апріорних даних. В більшості реальних ситуацій апріорні відомості є неточними, а орієнтовними. Окрім цього, в процесі експлуатації можуть змінюватися зовнішні умови роботи.
- 4) Практична реалізація. Кінцевим етапом синтезу є рішення питань, про можливість або наближеної реалізації отриманих результатів за допомогою пристроїв, які можна застосувати на практиці.

В відповідності з цільовим призначенням різних систем виявлення і застосуванням математичних методів в теорії оптимального виявлення сигналів можна виділити декілька напрямків: оптимальне виявлення і розрізнення сигналів на тлі завад, оцінка невідомих параметрів сигналу і завади, розширення декількох сигналів і оптимальна фільтрація даних, які містяться в сигналах. Ці задачі звичайно розглядаються при різному об'ємі апріорних відомостей розглядаючи ситуацій

### 3.2 Метод оптимального виявлення сигналу на тлі завад

Попередній аналіз, проведений в розділі 2, показує, що сигнал можна розглядати як випадковий сигнал, який є сумішшю дискретного корисного сигналу і завади:

$$\xi(\Delta t) = s(\Delta t) + n(\Delta t), \quad (3.1)$$

де  $s(\Delta t)$  - дискретний корисний сигнал,  $n(\Delta t)$  - завада,  $\Delta t$  - крок дискретизації ( $\Delta t = \frac{1}{2f}$ , де  $f$  - частота сигналу з умов теореми Котельникова),  $i$  - номер відліку.

За аналогією з [7,31] покладемо, що:

$$\xi(\Delta t) = A \cdot s(\Delta t) + n(\Delta t), \quad (3.2)$$

де  $A$  - невідомий параметр ( $A \in \{0,1\}$ ).

Невідомий параметр  $A$  може приймати тільки одне з двох значень:  $A=1$  (в суміші  $\xi(\Delta t)$  присутній сигнал) і  $A=0$  (в суміші  $\xi(\Delta t)$  відсутній сигнал). Тому задача виявлення сигналу із суміші є частковим випадком загальної задачі статистичної перевірки гіпотез. Розглянемо дві гіпотези  $H_0$  і  $H_1$ :

$$\begin{aligned} H_0 : \xi(\Delta t) &= s(\Delta t) + n(\Delta t) && \text{- присутній сигнал;} \\ H_1 : \xi(\Delta t) &= n(\Delta t) && \text{- відсутній сигнал.} \end{aligned}$$

Нехай завада - дискретний білий гаусівський шум (ДБГШ), який має рівномірну спектральну густину потужності  $N_0$  (Вт/Гц) у смузі частот і нормальну функцію розподілу, як і в [13].

Спектральну густину потужності ДБГШ обчислюємо за формулою:

$$N_0 = \Delta t D = \frac{\Delta t \sum_{i=1}^m \xi_i^2 \Delta t - s \Delta t}{m-1}, \quad (3.3)$$

де  $D$  – дисперсія,  $m$ -кількість відліків.

Основною характеристикою випадкового процесу є ймовірність, зокрема функція розподілу ймовірності, яка характеризує залежність випадкової величини від ймовірності її появи.

Функцію розподілу шуму типу ДБГШ для  $m$  відліків, згідно з властивостями БГШ, подано у вигляді:

$$W(\xi_i \Delta t | H_1) = \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^m \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^m \xi_i^2 \Delta t \right). \quad (3.4)$$

Тоді функція розподілу ЕПВСО і шуму для  $m$  відліків:

$$W(\xi_i \Delta t | H_0) = \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^m \exp\left( -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^m \xi_i^2 \Delta t - s \Delta t \right), \quad (3.5)$$

де  $\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{N_0}$  - середньоквадратичне відхилення.

Використовуючи баєсівську концепцію, отримаємо відношення правдоподібності функцій розподілу (4) і (5):

$$\Lambda = \frac{W(\xi_i \Delta t | H_0)}{W(\xi_i \Delta t | H_1)} \stackrel{H_0}{\underset{H_1}{\leq}} \exp\left\{ \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi_i \Delta t - \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^m s^2 \Delta t \right\} \stackrel{H_0}{\underset{H_1}{\leq}} \Lambda_0, \quad (3.6)$$

де  $\Lambda_0$  - деяке порогове значення.

Логарифмуючи ліву і праву частини нерівності (3.6), а також враховуючи монотонність і зростаючий характер логарифмічної функції, з (3.6) отримаємо:

$$q = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi_i(\Delta t) \tilde{s}(\Delta t) - \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^m s_i^2(\Delta t) \underset{H_1}{\overset{H_0}{\gtrless}} \ln \Lambda_0, \quad (3.7)$$

Для того, щоб виявити сигнал  $s(\Delta t)$  у суміші із завадами  $n(\Delta t)$ , необхідно задатися попередніми (апріорними) відомостями, наприклад енергією сигналу, оскільки без них неможливо розрізнити сигнал від будь-якого іншого сигналу, що унеможливорює процес виявлення. Задася енергіями-еталонами дискретного сигналу, які обчислимо за формулою:

$$E = \Delta t \sum_{i=1}^m s_i^2(\Delta t) = \text{const}. \quad (3.8)$$

Підставимо вираз (3.8) в (3.7) і, виконавши певні перетворення, отримаємо:

$$q = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi_i(\Delta t) \tilde{s}(\Delta t) \underset{H_1}{\overset{H_0}{\gtrless}} \frac{E}{N_0} + \ln \Lambda_0 = U_0, \quad (3.9)$$

де  $U_0$  - абсолютний поріг.

При  $q > U_0$  приймається рішення про наявність сигналу в суміші; а при  $q < U_0$  констатується його відсутність.

Якщо сигнал є присутній (гіпотеза  $H_1$ ), тоді випадкова величина  $q$  рівна:

$$q \in H_0 = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m \xi_i(\Delta t) \tilde{s}(\Delta t) + n(\Delta t) \tilde{s}(\Delta t), \quad (3.10)$$

і буде мати нормальну густину ймовірності  $p(q/H_1)$  з математичним сподіванням і дисперсією:

$$m_{\xi/H_0} = M \left\{ \xi/H_0 \right\} = \frac{2E}{N_0}, \quad D_{\xi/H_0} = M \left\{ \left( \xi/H_0 - m_{\xi/H_0} \right)^2 \right\} = \frac{2E}{N_0} \quad (3.11)$$

Якщо сигнал відсутній (гіпотеза  $H_0$ ), то випадкова величина  $q$  рівна:

$$q_{\xi/H_0} = \frac{2}{N_0} \sum_{i=1}^m n_i \Delta t \xi_i \Delta t \quad (3.12)$$

і має нормальну густину ймовірності  $p(q/H_1)$  з математичним сподіванням і дисперсією:

$$m_{\xi/H_0} = M \left\{ \xi/H_0 \right\} = 0, \quad D_{\xi/H_0} = M \left\{ \left( \xi/H_0 \right)^2 \right\} = \frac{2E}{N_0} \quad (3.13)$$

Густини ймовірностей  $p(q/H_0)$  та  $p(q/H_1)$  зображені на Рисунок 3.2.

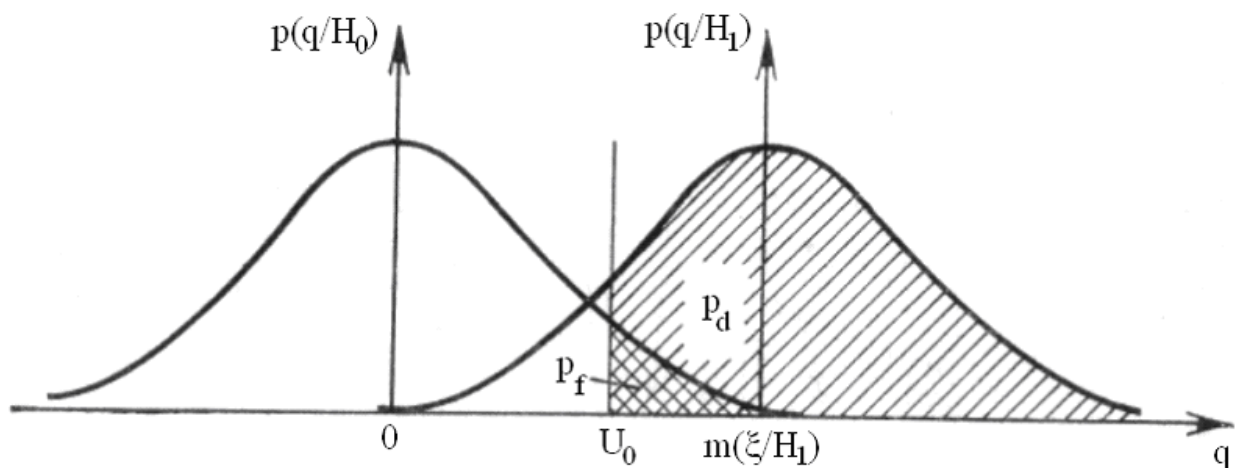


Рисунок 3.1. Нормальні густини ймовірності  $p(q/H_1)$  і  $p(q/H_0)$  стаціонарного та нестаціонарного сигналу

При кінцевому значенні енергії сигналу і ДБГШ вибір рішення про присутність сигналу завжди супроводжується помилками двох видів: 1) сигнал відсутній, ДБГШ перевищує  $U_0$  і приймається неправильне рішення про

присутність (помилка I-го роду); 2) сигнал присутній, але ДБГШ не перевищує  $U_0$  і приймається помилкове рішення про відсутність (помилка 2-го роду).

В теорії виявлення сигналів помилку 1-го роду прийнято називати імовірністю хибного рішення, яку обчислюють за формулою [7,26]:

$$p_f = \int_{U_0}^{\infty} p(q | H_1) dq = \int_{U_0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \exp\left(-\frac{q^2}{2E / \sigma^2}\right) dq = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \int_0^{U_0} \exp\left(-\frac{q^2}{2E / \sigma^2}\right) dq = \frac{1}{2} \left[1 - \Phi\left(\frac{U_0}{\sqrt{2E / \sigma^2}}\right)\right] \quad (3.14)$$

де  $p(q | H_1)$  - умовна густина ймовірності розподілу величини  $q$  при відсутності сигналу;

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

$$l - \text{відносний поріг } l = \frac{U_0}{\sqrt{N_0 E}} = \frac{U_0}{\sqrt{2\sigma^2}}.$$

Тоді ймовірність правильного рішення (вибір гіпотези  $H_0$ ) згідно з [26]:

$$P_d = \int_{U_0}^{\infty} p(q | H_1) dq = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \int_0^{U_0} \exp\left(-\frac{q^2}{2E / \sigma^2}\right) dq = \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4\pi E / \sigma^2}} \int_0^{\frac{U_0 - \sqrt{2E}}{\sigma}} \exp(-q^2) dq = \frac{1}{2} \left(1 - \Phi\left(\frac{U_0}{\sqrt{2E / \sigma^2}} - \sqrt{\frac{2E}{\sigma^2}}\right)\right) \quad (3.15)$$

де  $p(q | H_0)$  - умовна густина ймовірності розподілу величини  $q$  при присутності сигналу.

Оскільки помилкове рішення може призвести до небажаних і важких наслідків (зокрема, некоректність переданої інформації від джерела відправника від якої залежать подальші рішення в тій чи іншій галузі), тому будемо розглядати тільки такі рішення, для яких при заданому значенні ймовірності хибної тривоги

$p_f$  ймовірність правильного рішення  $p_d$  максимальна, – критерій Неймана-Пірсона [7, 31].

З виразу (3.14) при заданій мінімальній ймовірності  $p_f$  та враховуючи вираз (3.9) визначимо відносний поріг  $U_0$ :

$$U_0 = \sqrt{\frac{2E}{N_0}} \Phi^{-1} \left( -2p_f \right) + \frac{E}{N_0}. \quad (3.16)$$

Підставивши вираз (3.51) в (3.50) і враховуючи непарність функції  $\Phi(x)$ , отримано вираз для ймовірності правильного рішення:

$$p_d = \frac{1}{2} \left( 1 + \Phi \left( \frac{\sqrt{\frac{2E}{N_0}}}{2} - \Phi^{-1} \left( -2p_f \right) \right) \right). \quad (3.17)$$

Формули (3.15) і (3.17) показують, що ймовірність хибного рішення  $p_f$ , як і ймовірність правильного виявлення  $p_d$ , однозначно визначаються відношенням порогового рівня  $U_0$  і піковою величиною сигнал-шум, який рівний  $\sqrt{2E/N_0}$ . Тому по заданій ймовірності хибного рішення  $p_f$  однозначно визначається рівень  $U_0$ , і знаючи його, знайдемо ймовірність правильного виявлення  $p_d$ .

### 3.3 Алгоритм виявлення сигналів

Метод, який дасть можливість з підвищеною достовірністю  $p_d$  і з мінімальною помилкою рішення  $p_f$  виявляти сигнал у суміші, матиме вигляд:

- 1) формування відношення правдоподібності для шуму і суміші сигналу з шумом;

2) порівняння отриманого значення з порогом  $U_0$

3) вибір рішення (норма чи патологія).

За вище наведеним методом будемо структурну схему алгоритму виявлення, наведену на Рисунок 3.1.

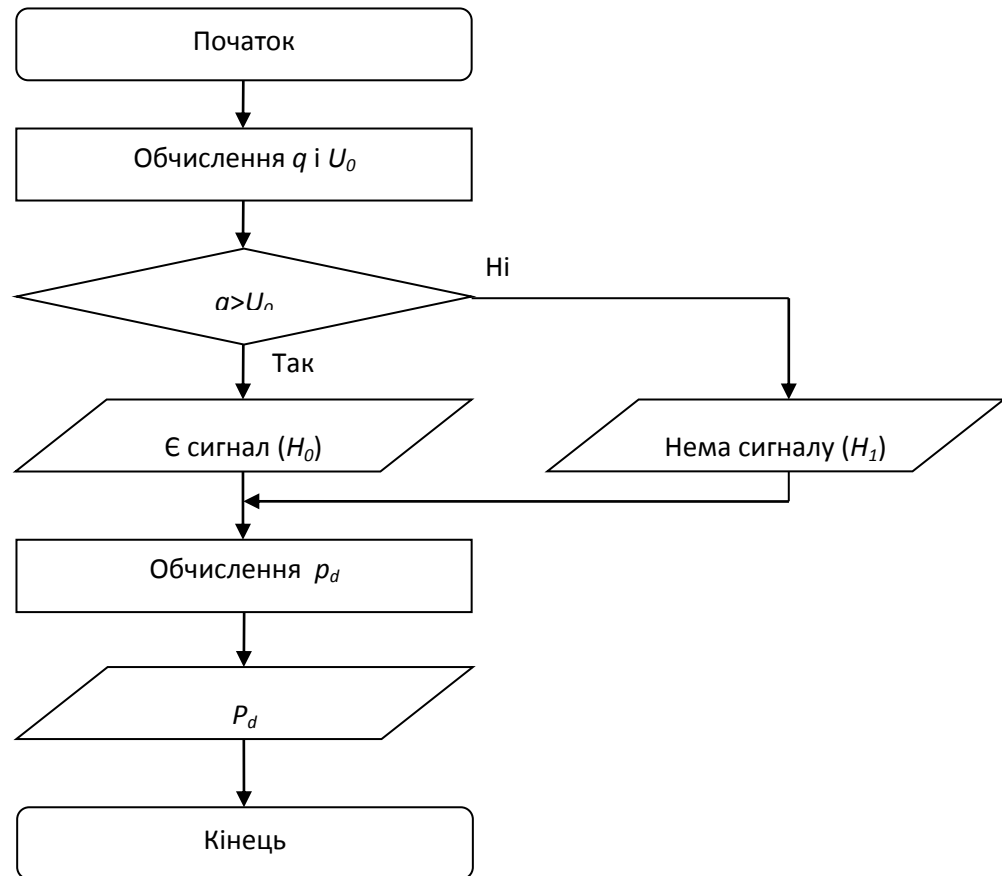


Рисунок 3.2. Структурна схема алгоритму виявлення сигналу

Базуючись на структурній схемі 3.1. на Рисунок 3.2. розроблено структурну схему оптимального виявлення сигналу у суміші із завадами.



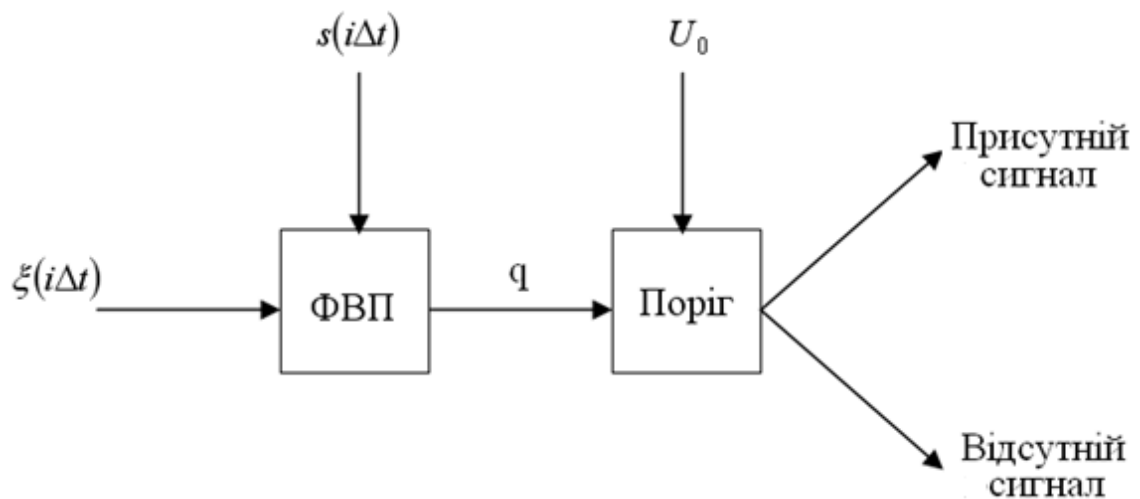


Рисунок 3.3. Структурна схема оптимального виявлення сигналу

Таким чином, оптимальний за критерієм Неймана-Пірсона виявляч повинен для спостережуваного сигналу  $s(i\Delta t)$  обчислювати відношення правдоподібності, порівнювати його з порогом  $U_0$  і видавати рішення „сигнал присутній” при перевищенні порогу, і „сигнал відсутній” – за відсутності перевищення.

#### 3.4. Висновки до розділу 3

Побудовано метод, який дає можливість оперативно із заданою достовірністю виявити сигнали у суміші із завадами в каналах радіозв’язку. Задача формулюється так, що необхідно виявляти сигнал у суміші із завадою типу білого гаусівського шуму (БГШ) за енергіями умовних еталонів норм і патологій. При цьому для вибору рішення застосовано критерій Неймана-Пірсона.

## РОЗДІЛ 4

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ВИЯВЛЕННІ СИГНАЛІВ ЗА КРИТЕРІЄМ НЕЙМАНА-ПІРСОНА В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

Проведення експериментальних досліджень з використанням програмного пакету Matlab дасть змогу оцінити детально роботу методу виявлення сигналу на тлі завад.

#### 4.1. Блок-схема програми для виявлення сигналів за критерієм Неймана-Пірсона

Для того, щоб провести експериментальні дослідження при виявленні сигналів на тлі завад, необхідно розробити програму, яка б дала змогу провести дане дослідження.

При проведенні експериментального дослідження засобами комп'ютерного моделювання з використанням Matlab, необхідно встановити послідовність операцій (блок-схема), за якими буде працювати програма експерименту.

Блок-схема програми зображена на Рисунок 4.1. В основі блок-схеми, лежить:

- 1) Завантаження даних дискретного сигналу;
- 2) Генерування дискретного білого гаусівського білого шуму;
- 3) Сумування масивів сигналу із шумом;
- 4) Числення енергії корисного дискретного сигналу;
- 5) Числення дисперсії шуму;
- 6) Розрахунок величини відношення функцій правдоподібності суми сигналу і шуму до шуму;
- 7) Числення оцінки відношення сигнал-шум;
- 8) Розрахунок відносних порогів;
- 9) Числення оцінки достовірності присутності сигналу у суміші із звадами.

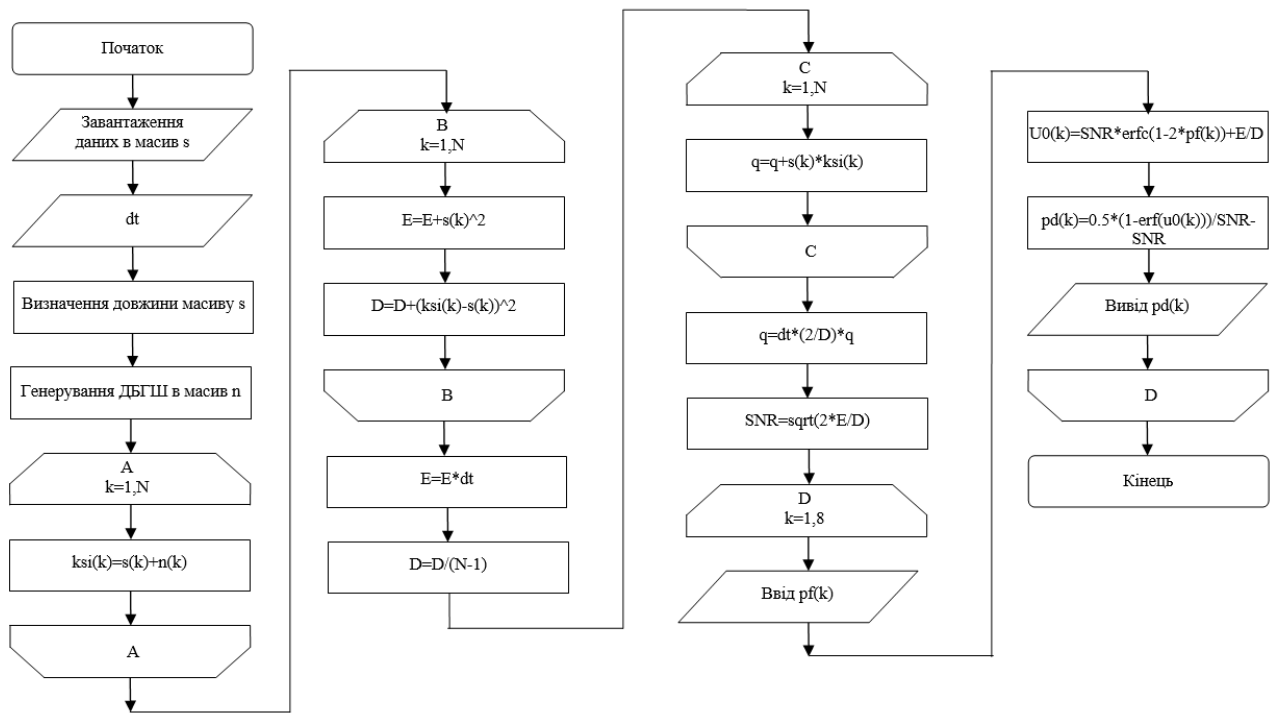


Рисунок 4.1. Блок-схема програми дослідження виявлення сигналів

#### 4.2. Програмна реалізація методу виявлення в середовищі Matlab

Для забезпечення дослідження виявлення сигналів необхідно розробити програму із графічним – зручним інтерфейсом, який буде мати усі необхідні функціональні блоки з метою простого і доступного аналізу сигналів при їх виявленні.

В основі даної програми є:

- завантаження даних;
- зашумлення білим гаусівським шумом;
- числення оцінок достовірностей;
- побудова характеристик виявлення.

Використовуючи програмну оболонку GUIDE, яка є інтегрованою в середовищі програми MATLAB розроблено програму для дослідження виявлення сигналів.

Створення діалогового вікна в середовищі візуального програмування GUIDE MATLAB починається після виконання в командній стрічці MATLAB команди `guide`, після якої з'явиться вікно (Рисунок 4.2).

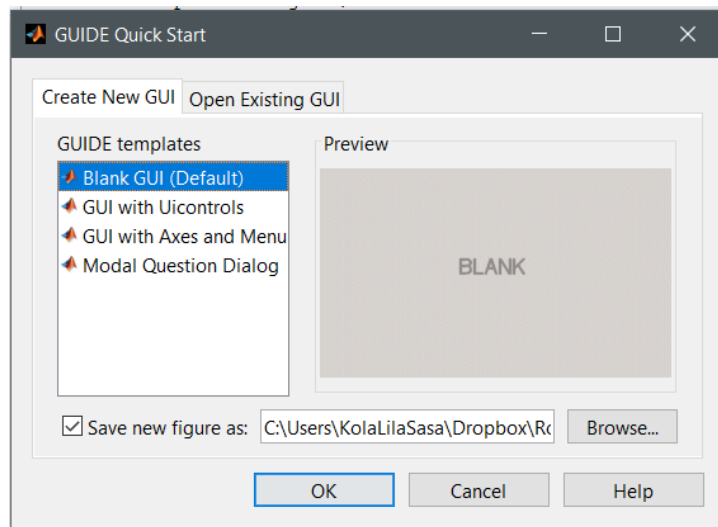


Рисунок 4.2. Стартове вікно при запуску команди `guide`

Вибравши опцію `Blank GUI (Default)` і натиснувши `OK` завантажимо робоче діалогове вікно (Рисунок 4.3), на якому будемо розташовувати основні елементи керування.

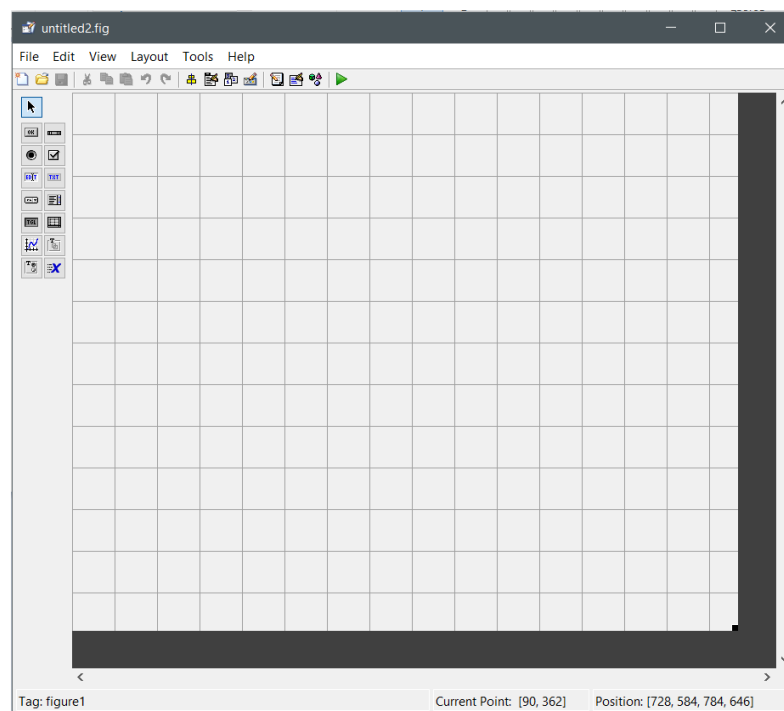


Рисунок 4.3. Робоче діалогове вікно

Використовуючи робочу панель з графічними об'єктами, розробимо діалогову форму (Рисунок 4.4).

Для створення даного вікна було використано наступні елементи:

- 1) Edit Text (вікно вводу даних) – 9 шт.;
- 2) Frame – 1 шт.;
- 3) Text (напис) – 19 шт.;
- 4) Pushbutton (кнопка) – 1 шт.;
- 5) Axes (Вікно виводу графіку) – 2 шт.

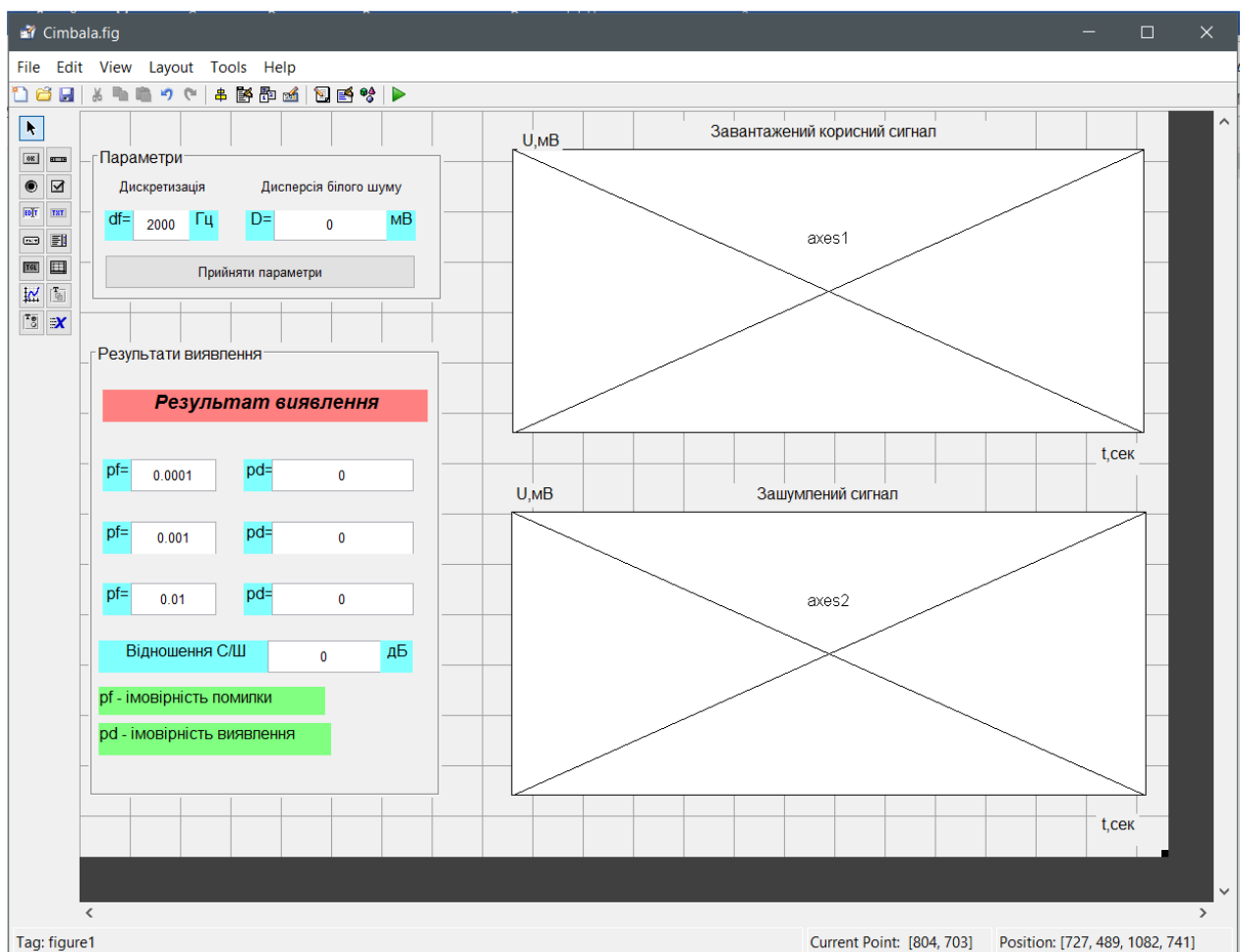


Рисунок 4.4. Діалогова форма з графічними елементами

Під кожним елементом на котрий здійснює натискання знаходиться відповідна функція, а саме:

- 1) Pushbutton1 – function pushbutton1\_Callback(hObject, eventdata, handles);

- 2) Edit1 – function edit1\_Callback(hObject, eventdata, handles)
- 3) Edit2 – function edit1\_Callback(hObject, eventdata, handles)
- 4) Edit3 – function edit1\_Callback(hObject, eventdata, handles)
- 5) Edit4 – function edit1\_Callback(hObject, eventdata, handles)

.....

- 6) Edit19 – function edit1\_Callback(hObject, eventdata, handles)

Для того, щоб завантажити дані в пам'ять персонального комп'ютера та аналізувати дані створено меню за допомогою вікна Menu Editor (Рисунок 4.5).

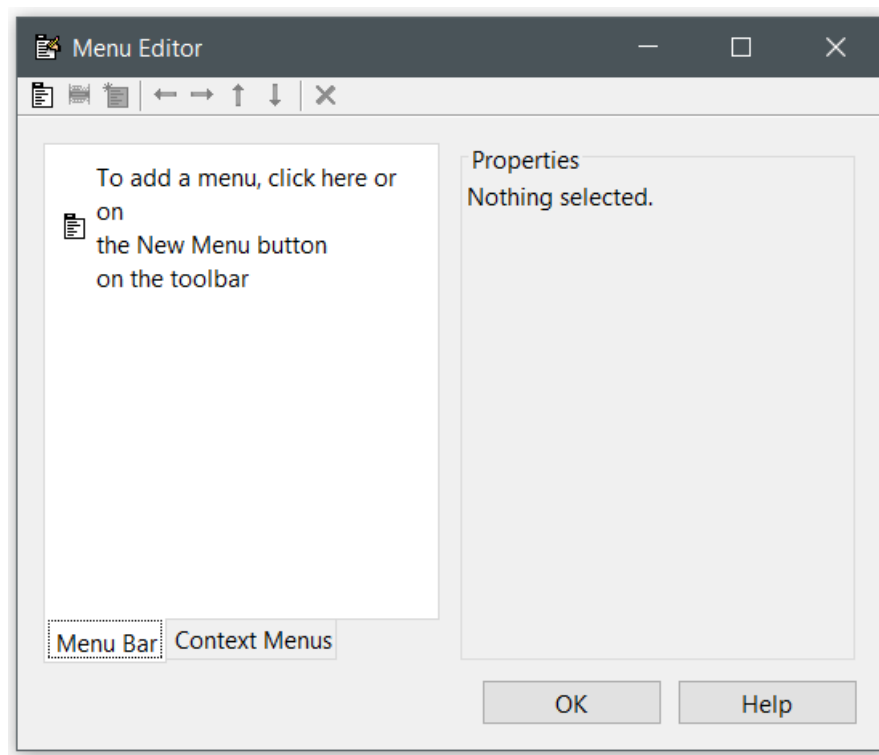


Рисунок 4.5. Діалогове вікно Menu Editor

Натиснувши на опції New Menu, і клацнувши на створеному меню (Рисунок 4.6). Опції, які появилися по правій стороні, є основними параметрами кожного о меню та підменю, а саме Label (назва меню чи підменю), Tag (тег меню), і Acceleration: Ctrl+ (комбінація клавіш за допомогою яких буде вибиватися дане меню).

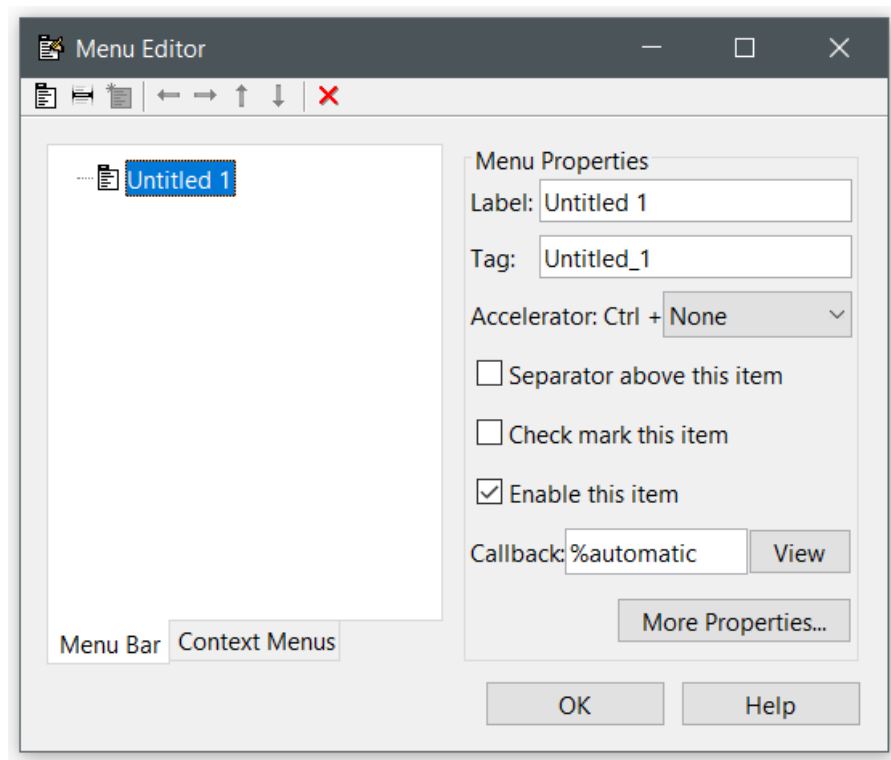


Рисунок 4.6. Основні параметри меню

Використовуючи сказане створимо меню, яке зображене на Рисунок 4.7

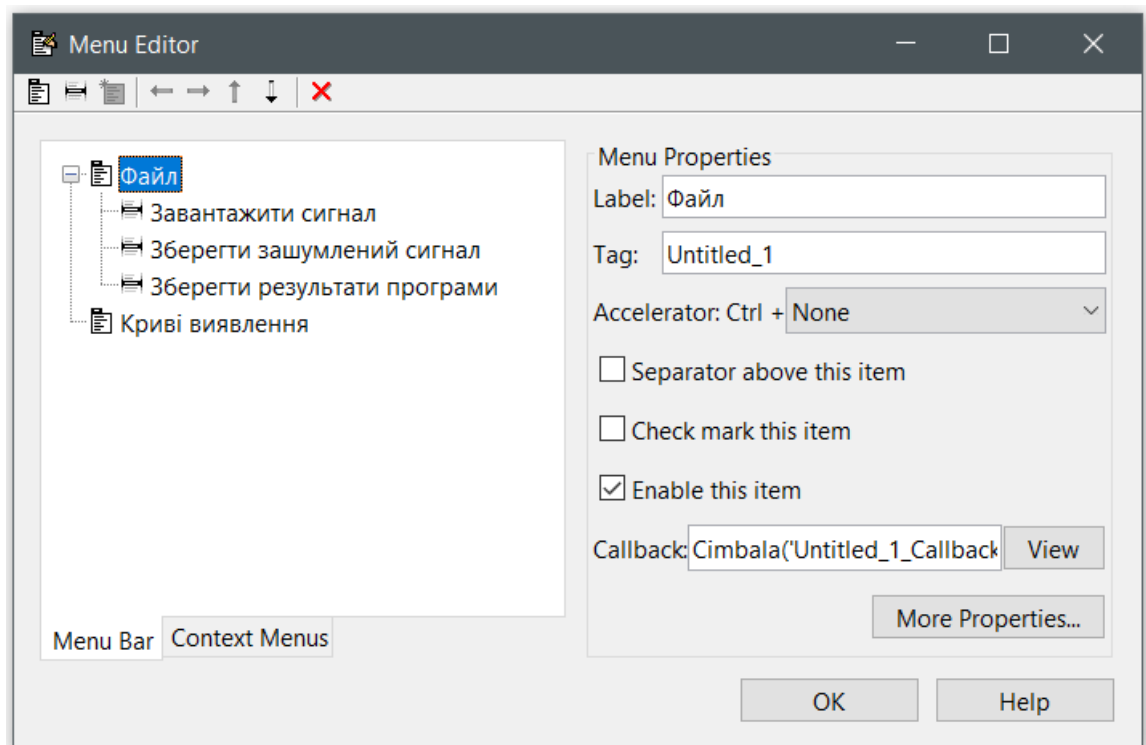


Рисунок 4.7. Меню програми

Завантаження сигналів відбувається наступною програмою, точніше функцією `function Untitled_3_Callback(hObject, eventdata, handles)`.

За допомогою команди `[namefile, namepath]=uigetfile(a,b)`, де `a`-розширення файлу, `b`- надпис вікна, запускається діалогове вікно (Рисунок 4.8), і після вибору файлу дані записуються під змінні `filename` (ім'я вибраного файлу), `pathname` (шлях до файлу).

```
[namefile, namepath] = uigetfile('*.*txt;*.dat;', 'Завантажити сигнал');
```

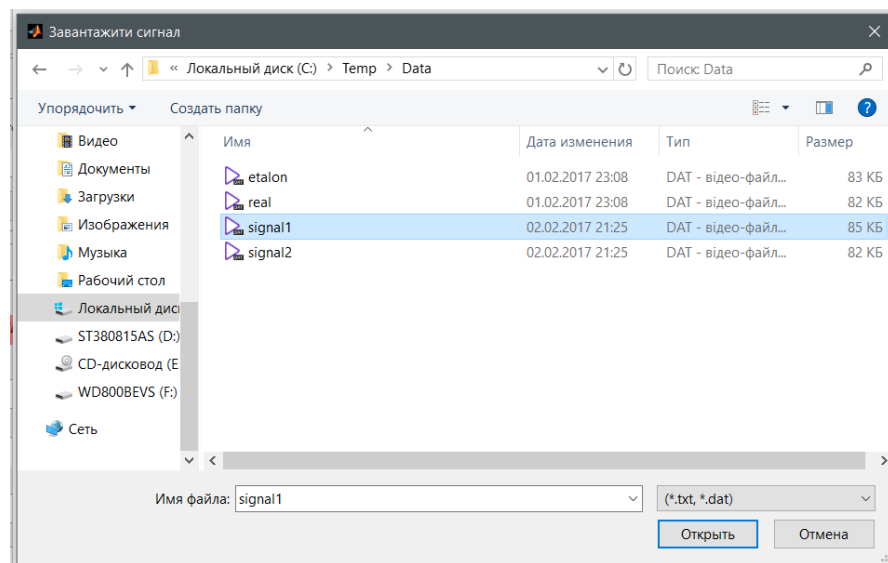


Рисунок 4.8. Діалогове вікно завантаження файлу даних

Якщо довжина назви файлу вибрана то записується повний шлях до файлу, тобто шляхом об'єднання шляху файлу до назви файлу під змінну `dir`.

```
if length(namefile)>=1  
dir=[namepath namefile];  
end;
```

Команда `load` зчитає дані і збереже їх під змінну `data` з подальшим збереженням даних в `userdata` кнопки `pushbutton1`:

```
data=load(dir);
```



```
set(handles.pushbutton1,'userdata',data);
```

Із властивості edit1 графічного об'єкту edit1 завантажуюємо значення часу дискретизації під локальну змінну dt, і з подальшим формування осі часу під змінною t. .

```
dt=1/get(handles.edit1,'value');
```

```
t=(0:(length(data)-1))*dt;
```

Завантажені дані виводимо на графічному об'єкті axes1 і axes2, за допомогою функції plot.

```
axes(handles.axes1);
```

```
plot(t,data);
```

```
axis tight;
```

```
axes(handles.axes2);
```

```
plot(t,data);
```

```
axis tight;
```

Вводячи значення дисперсії шуму в властивість string графічного елемент керування edit2 будемо змінювати рівень шуму сигналу, який буде відображатися на графічному елементів axes2.

При натисненні кнопки „прийняти параметри” запускається функція function pushbutton1\_Callback(hObject, eventdata, handles), котра виводить графіки на дисплей, а також числяться значення імовірностей і відношення сигнал/шум.

Отже, при натисканні кнопки дані із властивості userdata елементу pushbutton1 під змінну data, а також під зміні локальні dt та d завантажуються значення часу дискретизації та дисперсії шуму.

```
data=get(handles.pushbutton1,'userdata');
```

```
dt=1/str2num(get(handles.edit1,'string'));
```

```
d=str2num(get(handles.edit2,'string'));
```

В якості завади використовуємо генератор білого гаусівського шуму, з нормальною функцією розподілу, за допомогою функції `normrnd`.

Синтаксис:

```
R = normrnd(MU,SIGMA)
```

```
R = normrnd(MU,SIGMA,v)
```

```
R = normrnd(MU,SIGMA,m,n)
```

Опис:

`R = normrnd(MU,SIGMA)` генерує нормальний розподілені компоненти з математичним сподіванням `MU` і стандартними середньоквадратичним відхиленням `SIGMA`.

`R = normrnd(MU,SIGMA,v)` генерує нормальний розподіл з параметрами `MU` і `SIGMA`, де `v` вектор. Якщо `v` є 1-чи-2 векторним, то `R` є матрицею з `v(1)` стовпчиком і `v(2)` колонками. Якщо `v` є 1-чи-`n`, то `R` є як `n`-вимірний масив.

`R = normrnd(MU,SIGMA,m,n)` генерує нормально розподіленні компоненти з параметрами `MU` і `SIGMA`, де скалярні `m` і `n`, і `R` є матрицею з стовпчиками і рядками.

Отже, використовуючи вище описану функцію `normrnd` генеруємо білий шум.

```
n=normrnd(0,d,length(data),1);
```

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

```
for k=1:length(data)
```

```
    ksi(k)=data(k)+n(k);
```

```
end;
```

Після чого дані корисного сигналу та адитивно зашумленого виводимо на графічні об'єкти axes1 та axes2 за допомогою функцією plot.

```
axes(handles.axes1);  
plot(t,data);  
axis tight;  
grid on;  
axes(handles.axes2);  
plot(t,ksi);  
axis tight;  
grid on;
```

Числимо енергію корисного сигналу згідно виразу (3.8).

```
E=0;  
for k=1:length(data)  
    E=E+data(k)^2;  
end;  
E=E*dt;
```

Для числення спектральної густини потужності ДБГШ (дисперсія шуму) використано наступний текст програми:

```
D=0;  
for k=1:length(data)  
    D=D+(ksi(k)-data(k))^2;  
end;  
D=D/(length(data)-1);
```

При отриманих значеннях енергії та дисперсії, а також завантажених корисного і зашумленого сигналів, числимо відношення правдоподібності, яке зберігаємо під змінну  $q$ :

```
q=0;
for k=1:length(data)
    q=q+data(k)*ksi(k);
end;
q=dt*(2/D)*q;
```

Задаємо попередньо значення ймовірності хибного рішення, і виводимо їх значення на дисплей, під графічні елементи edit.

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

Використовуючи вираз (3.16) числимо значення відносного порогу при різних імовірностях хибного рішення.


```
for k=1:3
    u0(k)=SNR*erfc(1-2*pf(k))+E/D;
end;
```

Згідно виразу (3.15) числимо оцінку достовірності (ймовірність правильного виявлення) для різних порогів, і відповідно численні значення виводимо на дисплей екрану.

```
for k=1:3
    pd(k)=0.5*(1-erf(u0(k)/SNR-SNR));
end;
```

Обчисливши відношення правдоподібності і відносний поріг, проводить вибір рішення по визначення присутності або відсутності сигналу.

```
if q>=u0(1)
    c='Сигнал присутній';
else
    c='Сигнал відсутній';
end;
```

Натиснувши копці меню  і вибравши в Menu Editor „Криві виявлення” з подальшим натисненням на кнопку View здійснено перехід на функцію function Untitled\_5\_Callback(hObject, eventdata, handles), яка реалізує програмно Фур’є аналіз.

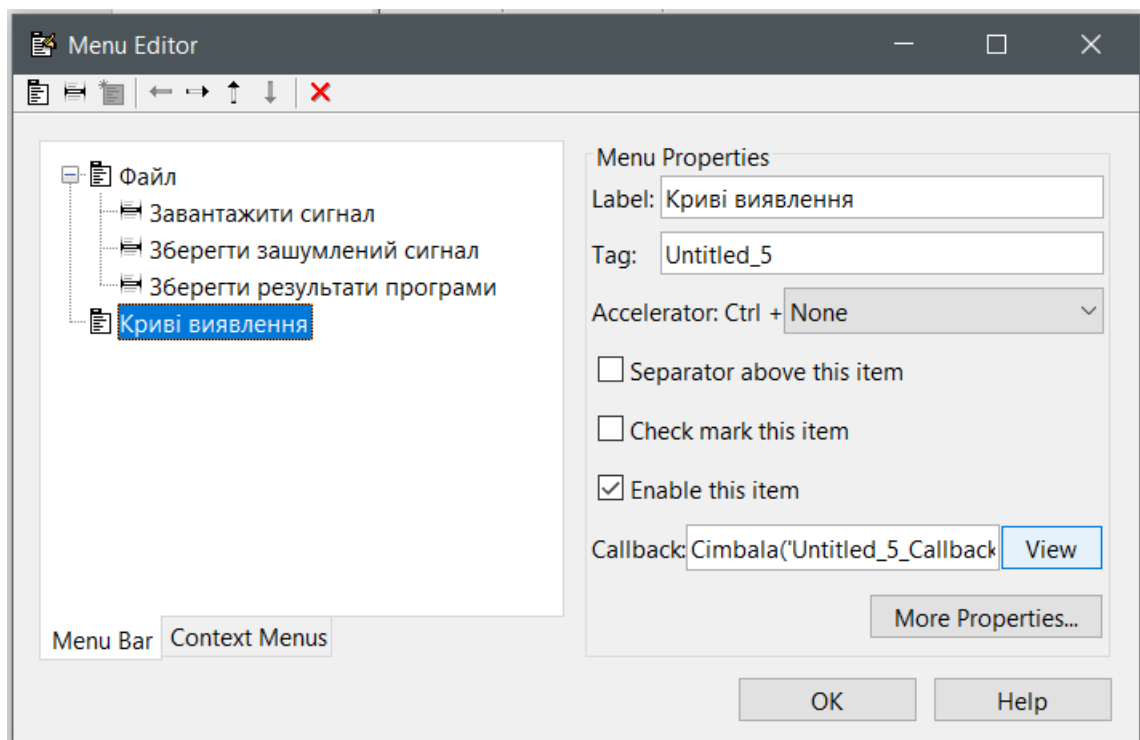


Рисунок 4.9. Вибір опції „Криві виявлення” та перехід на функцію програмного виконання

Використовуючи вирази (3.15) і (3.16) числимо оцінку достовірності при різних значеннях імовірностей хибного рішення і відношеннях сигнал-шум  $2E/N_0$ .

```
for n=1:3
    l=0;
    for D=round(E):-0.1:0.1
        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;
```

В результаті вище наведеного тексту програми формується матриця значень  $pd(l,n)$ , значення  $l$ -ої достовірності при  $n$ -ій ймовірності хибного рішення.

Отримана матриця зберігається в файл, який служить буфером обміном між окремими програмами.

```
dlmwrite('c:\Temp\PROGRAM\pd, '');
```

Після збереження запускається програма PdSNR, яка буде характеристики виявлення і її діалогове вікно зображене на Рисунок 4.10.

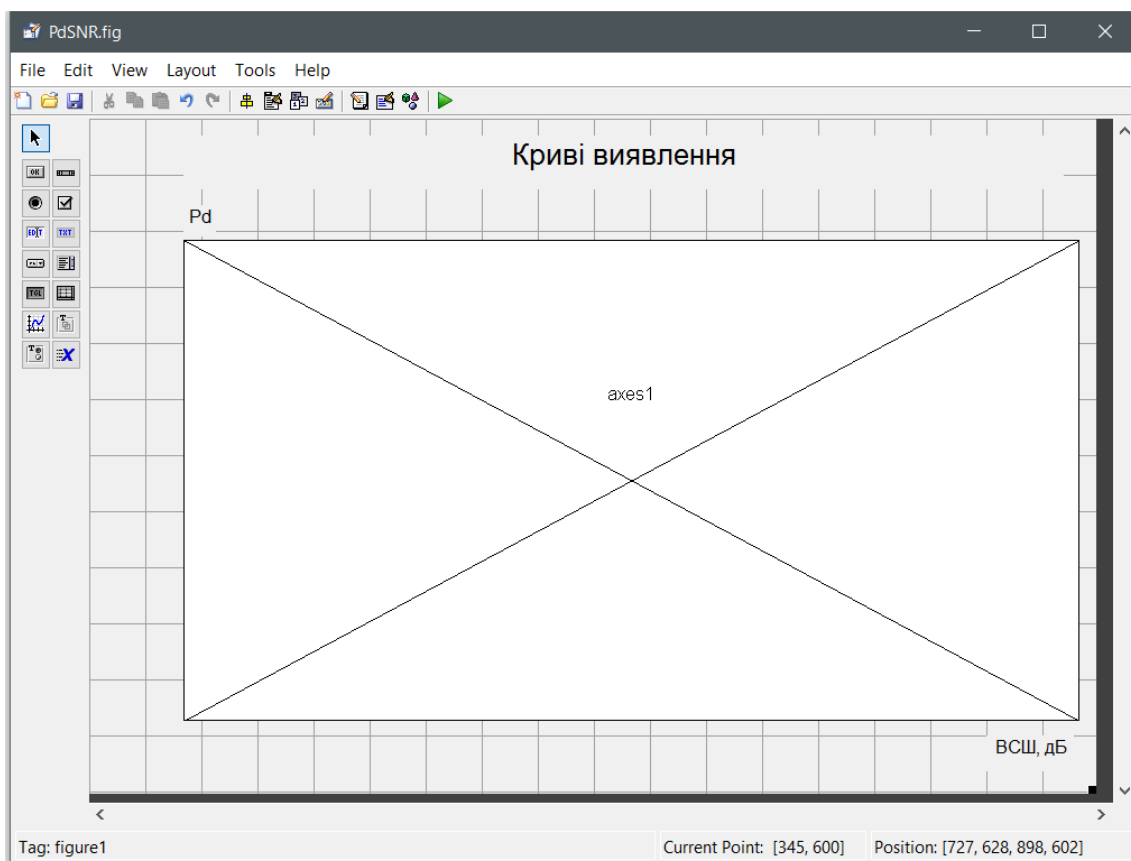


Рисунок 4.10. Діалогове вікно програми для побудови кривих виявлення

При завантаженні програми, виконується операція зчитування масиву даних достовірностей із збереженого файлу, і шляхом використання функції plot, виводимо їх на дисплей, а саме графічний елемент інтерфейсу axes1.

#### 4.3. Результати програмного аналізу сигналів при їх виявленні

За допомогою програми із графічним інтерфейсом було проведено дослідження виявлення сигналів за критерієм Неймана-Піросна, шляхом натурального макету.

Запустили програму і отримали діалогове вікно (Рисунок 4.1).

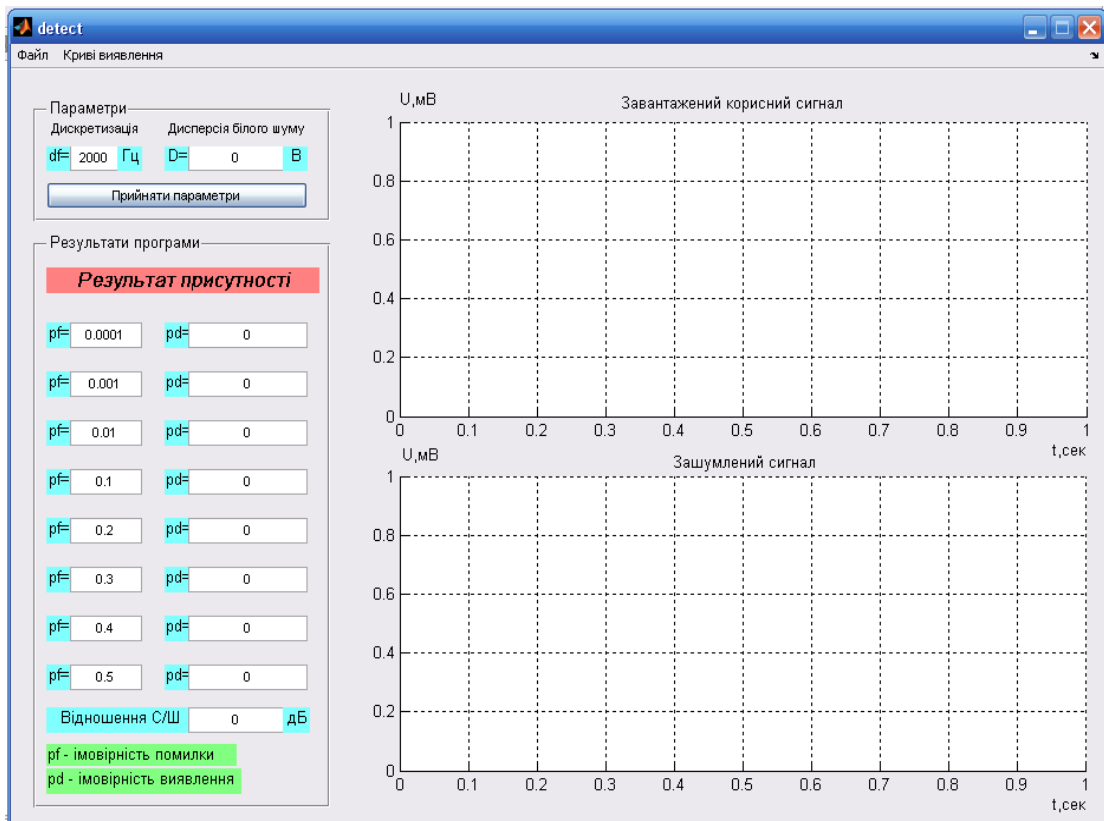


Рисунок 4.13. Вікно інтерфейсу програми

При натисканні на кнопку Файл меню і вибравши меню „Завантажити сигнал”, де необхідно вибрати директорію до бази даних сигналів.

На Рисунок 4.14 зображено тестовий сигнал в каналі радіозв'язку.



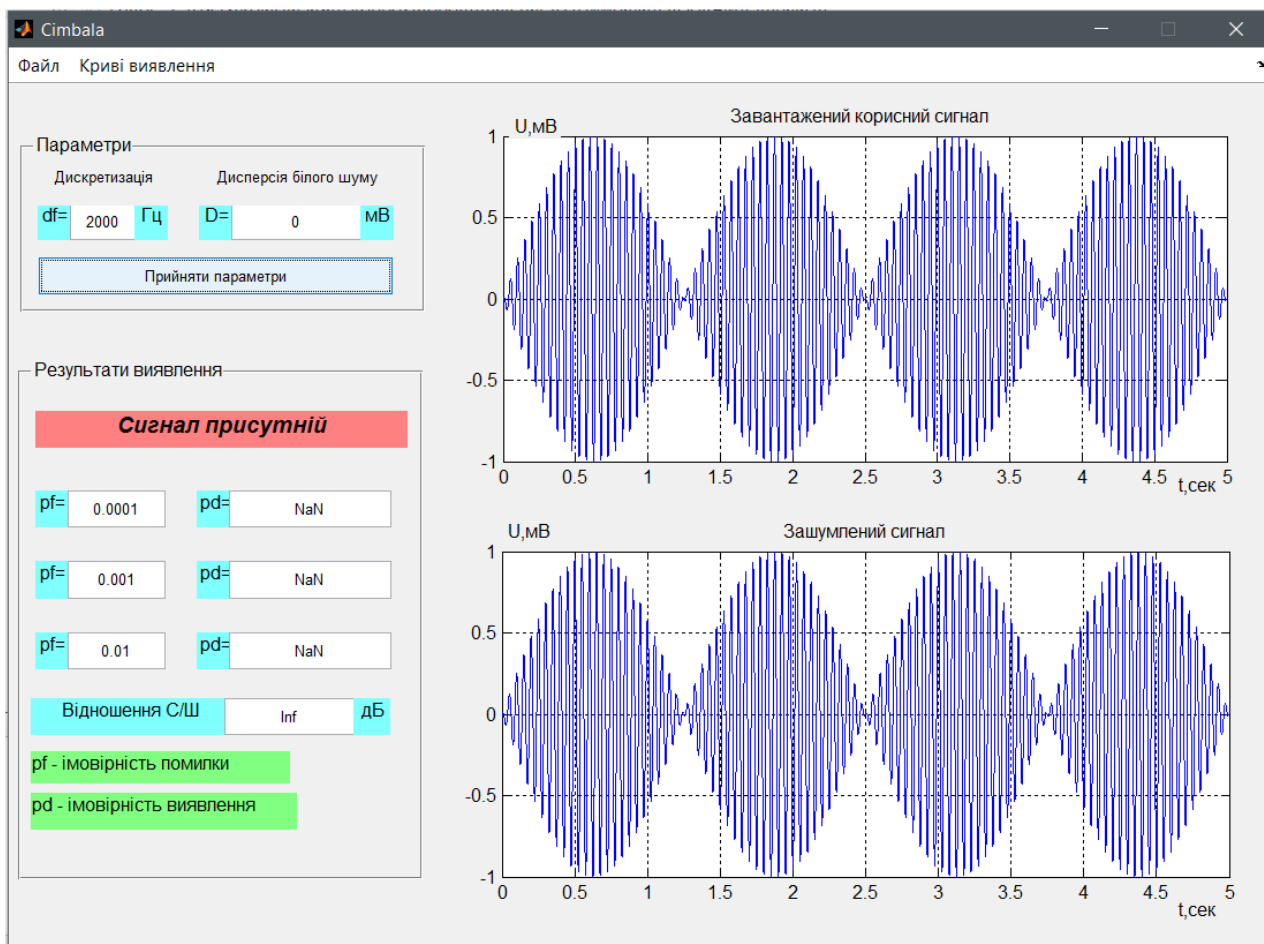


Рисунок 4.14. Завантаження тестового сигналу

Для того, щоб дослідити процес виявлення сигналів необхідно їх зашумити білим гаусівським шумом різної потужності (дисперсії) і визначити достовірності присутності корисного сигналу у суміші із завадою.

Ввівши в формі опції, дисперсію із значеннями  $0,1 мВ$ ,  $0,3 мВ$  і  $0,6 мВ$ , прослідкуємо достовірність присутності сигналу у суміші із завадою типу білого шуму.

На Рисунок 4.15 зображено оцінки ймовірності виявлення сигналу при дисперсії шуму  $0,1 мВ$ .

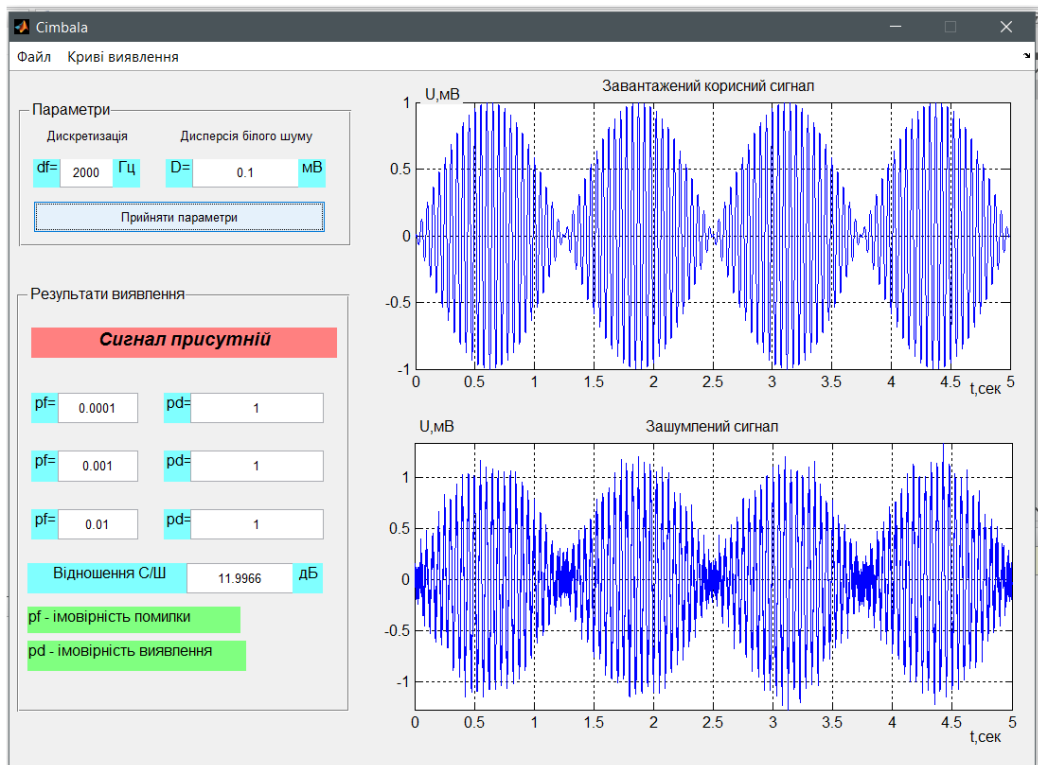


Рисунок 4.15. Сигнал, зашумлений сигнал ( $D=0,1$  мВ) та оцінки ймовірності виявлення

На Рисунок 4.16 зображено оцінки ймовірності виявлення сигналу при дисперсії шуму 0.3 мВ.

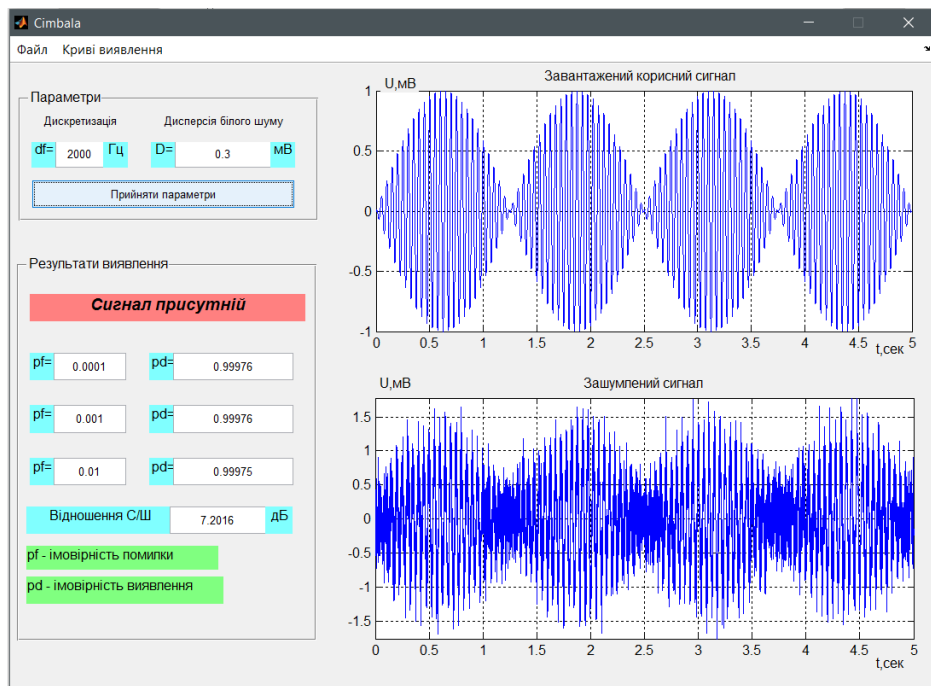


Рисунок 4.17. Сигнал, зашумлений сигнал ( $D=0,3$  мВ) та оцінки ймовірності виявлення

На Рисунок 4.18 зображено оцінки ймовірності виявлення сигналу при дисперсії шуму 0,6мВ.

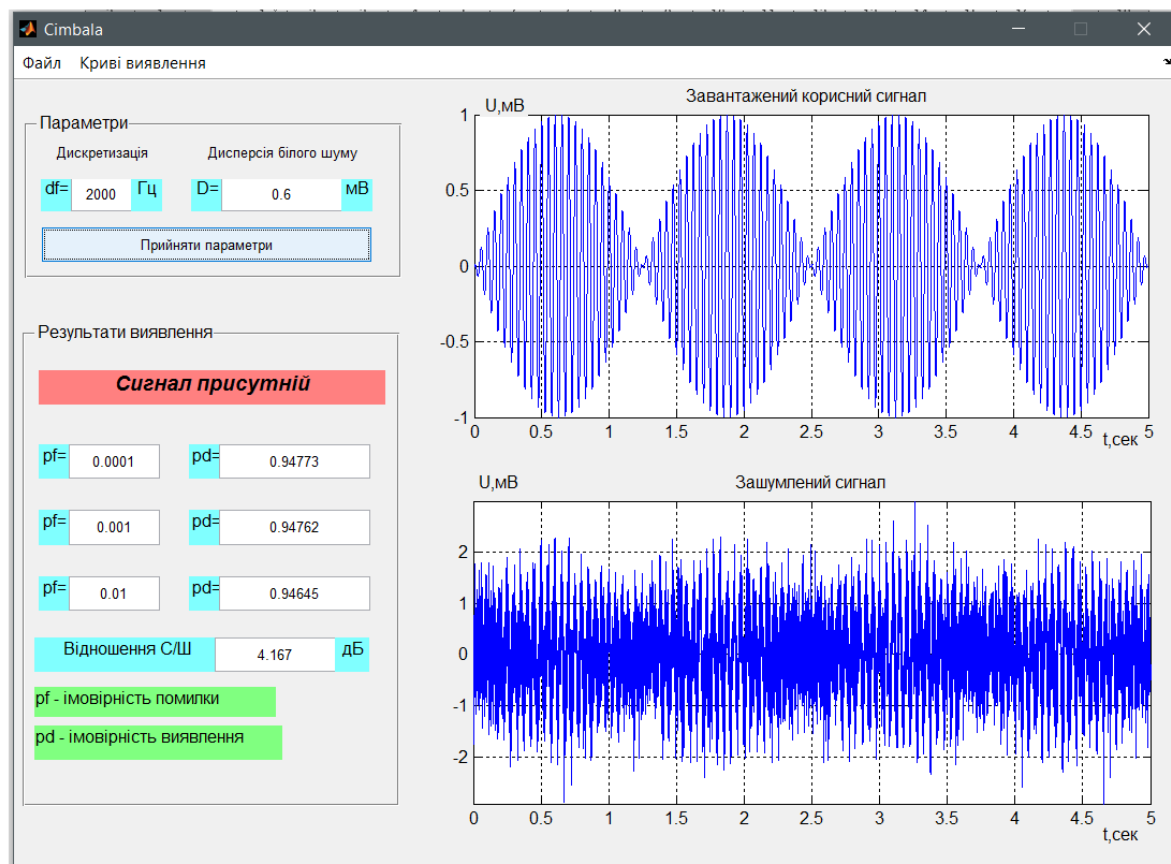


Рисунок 4.18. Сигнал, зашумлений сигнал ( $D=60\text{мВ}$ ) та оцінки ймовірності виявлення

Використовуючи вираз (3.17) побудовано криві виявлення сигналів (Рисунок 4.19).

Криві (Рисунок 4.19) виявлення представляють собою залежність ймовірності правильного виявлення  $p_d$  від відношення сигнал-шум при фіксованій ймовірності хибної тривоги  $p_f$  можна виявити з необхідною ймовірністю істинного виявлення. Порог сигнал характеризується його енергією (або потужністю).

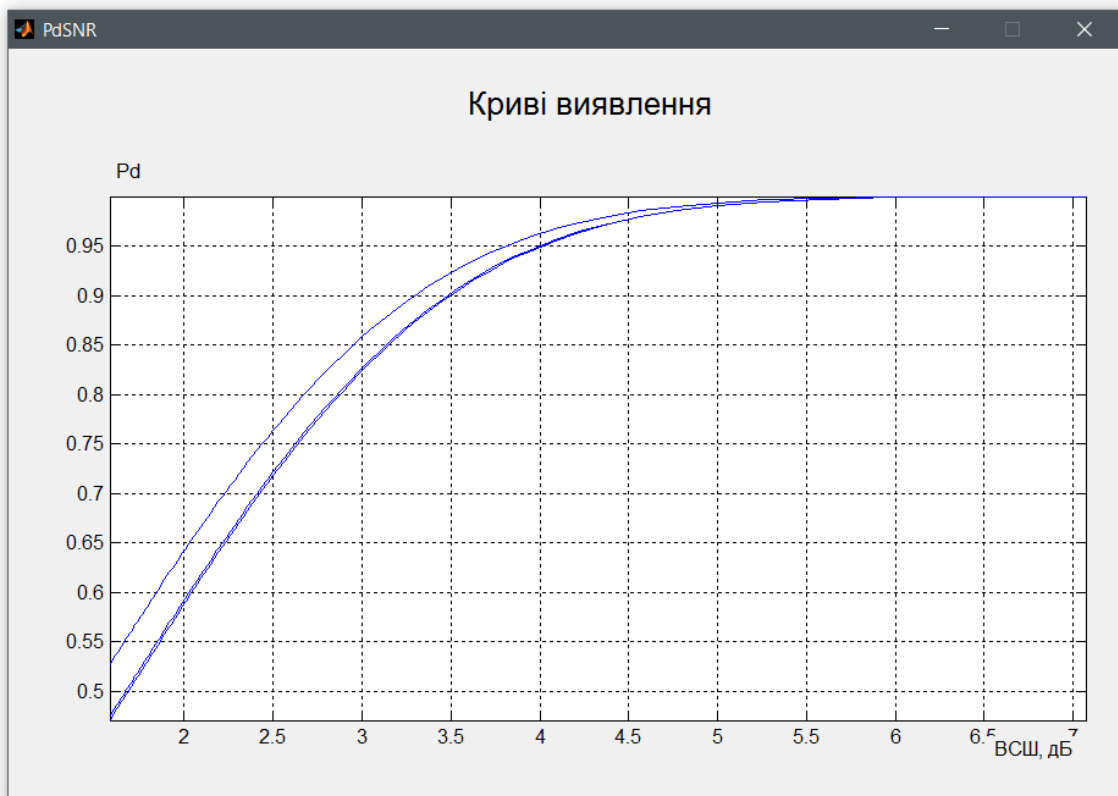


Рисунок 4.19. Криві виявлення сигналів

На основі отриманих результатів можна зробити наступний фундаментальний висновок. Можливість виявлення сигналу при оптимальному прийомі з заданими ймовірностями  $p_f$  і  $p_d$  не залежить від форми сигналу і визначається тільки піковим відношенням сигнал-шум на виході виявляча, тобто відношенням енергії сигналу і спектральної густини шуму (дисперсії).

#### 4.4. Висновки до розділу 4

Розроблено блок-схему програму, котра реалізує запропонований метод дослідження в розділі 3, на базі блок-схеми розроблено програму у середовищі Matlab 8.0 із графічним інтерфейсом користувача Використавши програму проведено дослідження виявлення сигналів за критерієм Неймана-Пірсона. Побудовано криві виявлення, за допомогою котрих визначено достовірність виявлення сигналів у суміші із завадами для різних відношень сигнал-шум.

## РОЗДІЛ 5

### СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

#### 5.1. Система MATLAB

Сучасна комп'ютерна математика пропонує цілий набір інтегрованих програмних систем і пакетів програм для автоматизації математичних розрахунків: MATLAB, Eureka, Gauss, TK Solver!, Derive, Mathcad, Mathematica, Maple V і ін.

MATLAB — одна з найстарших, ретельно пророблених й перевічених часом систем автоматизації математичних розрахунків, яка побудована на розширеному представленні й застосуванні матричних операцій. Це знайшло відображення в назві системи — MATrix LABoratory — матрична лабораторія. Однак синтаксис мови програмування системи продуманий настільки ретельно, що ця орієнтація майже не відчувається тими користувачами, яких не цікавлять безпосередньо матричні обчислення.

Матриці широко застосовуються в складних математичних розрахунках, наприклад, при рішенні задач лінійної алгебри і математичного моделювання статичних і динамічних систем і об'єктів. Вони є основою автоматичного складання й рішення рівнянь стану динамічних об'єктів і систем. Прикладом може служити розширення MATLAB — Simulink. Це істотно підвищує інтерес до системи MATLAB, що увібрала в себе кращі досягнення в області швидкого рішення матричних задач.

Однак сьогодні MATLAB далеко вийшла за межі спеціалізованої матричної системи і стала однією з найбільш могутніх універсальних інтегрованих обчислювальних систем. Слово «інтегрована» указує на те, що в цій системі об'єднані зручна оболонка, редактор виражень і текстових коментарів, обчислювач і графічний програмний процесор. У новій версії використовуються такі могутні типи даних, як багатомірні масиви, масиви осередків, масиви структур, масиви Java і розріджені матриці, що відкриває можливості

застосування системи при створенні й налагодженні нових алгоритмів матричних і заснованих на них рівнобіжних обчислень і великих баз даних.

У цілому MATLAB — це унікальна колекція реалізацій сучасних чисельних методів комп'ютерної математики, створених за останні три десятиліття років. Вона увібрала в себе і досвід, правила і методи математичних обчислень, які були накопичені за тисячі років розвитку математики. Це сполучається з могутніми засобами графічної візуалізації і навіть анімаційної графіки. Систему з прикладеної до неї великою документацією цілком можна розглядати як фундаментальний багатотомний електронний довідник по математичному забезпеченню ЕОМ — від масових персональних комп'ютерів до супер-ЕОМ. На жаль, поки представлений цілком лише англійською і частково японською мовами.

Система MATLAB була розроблена Молером (С. В. Moler) і з кінця 70-х рр. широко використовувалася на великих ЕОМ. На початку 80-х рр. Джон Литл (John Little) з фірми MathWorks, Inc. розробив версії системи PC MATLAB для комп'ютерів класу IBM PC, VAX і Macintosh. Надалі були створені версії для робочих станцій Sun, комп'ютерів з операційною системою UNIX і багатьох інших типів великих і малих ЕОМ. Зараз понад десяток популярних комп'ютерних платформ можуть працювати із системою MATLAB. До розширення системи були притягнуті найбільші наукові школи світу в області математики, програмування й природознавства. І от тепер з'явилася новітня версія цієї системи — MATLAB 6. Однією з основних задач системи було надання користувачам могутньої мови програмування, орієнтованої на математичні розрахунки і здатного перевершити можливості традиційних мов програмування, що багато років використовувалися для реалізації чисельних методів. При цьому особлива увага приділялася як підвищенню швидкості обчислень, так і адаптації системи до рішення найрізноманітніших задач користувачів.

Можливості MATLAB дуже великі, а по швидкості виконання задач система нерідко перевершує своїх конкурентів. Вона застосовна для розрахунків практично в будь-якій області науки й техніки. Наприклад, дуже широко

використовується при математичному моделюванні механічних пристроїв і систем, зокрема, в динаміці, гідродинаміці, аеродинаміці, акустиці, енергетиці і т.д. Цьому сприяє не тільки розширений набір матричних і інших операцій і функцій, але і наявність пакета розширення (toolbox) Simulink, спеціально призначеного для рішення задач блокового моделювання динамічних систем і пристроїв, а також десятків інших пакетів розширень.

У великому й постійно поповнюваному комплексі команд, функцій і прикладних програм системи MATLAB містяться спеціальні засоби для електротехнічних і радіотехнічних розрахунків (операції з комплексними числами, матрицями, векторами й поліномами, обробка даних, аналіз сигналів і цифрова фільтрація), обробки зображень, реалізації нейронних мереж, а також засоби, що відносяться до інших нових напрямків науки й техніки. Вони ілюструються безліччю практично корисних прикладів.

До розробок розширень для системи MATLAB притягнуто багато наукових шкіл світу, якими керують великі вчені й педагоги університетів. Важливими достоїнствами системи є її відкритість і розширюваність. Більшість команд і функцій системи реалізовані у виді текстових m-файлів (з розширенням .m) і файлів мовою Сі, крім того усі файли доступні для модифікації. Користувачеві надана можливість створювати не тільки окремі файли, але і бібліотеки файлів для реалізації специфічних задач.

Разюча легкість модифікації системи і можливість її адаптації до рішення специфічних задач науки і техніки привели до створення десятків пакетів прикладних програм (toolbox), які набагато розширили сфери застосування системи.

Новітня версія системи MATLAB 8 має важливі можливості:

- доведене до більш ніж 600 функцій і команд;
- новий інтерфейс із набором інструментів для керування середовищем;
- нові інструменти, що дозволяють за допомогою миші інтерактивно редагувати і формувати графіки, оптимізувати їхні коди і витрати пам'яті на графічні команди й атрибути;

- поліпшені алгоритми на основі оптимізованої бібліотеки LAPACK;
- нова бібліотека FFTW (швидких перетворень Фур'є) Массачусетського технологічного інституту Кембріджського університету (США);
- прискорені методи інтегральних перетворень;
- нові, більш могутні і точні, алгоритми інтегрування диференціальних рівнянь і квадратур;
- нові сучасні функції візуалізації: вивід на екран двовимірних зображень, поверхонь і об'ємних фігур у виді прозорих об'єктів;
- нова інструментальна панель Camera для керування перспективою і прискорення виводу графіки за допомогою OpenGL;
- новий інтерфейс для виклику Java-процедур і використання Java-об'єктів безпосередньо з MATLAB;
- нові, сучасні інструменти проектування графічного користувальницького інтерфейсу;
- обробка (регресія, інтерполяція, апроксимація й обчислення основних статистичних параметрів) графічних даних прямо з вікна графіки;
- новий додаток MATLAB для системи розробки Visual Studio, що дозволяє автоматично, безпосередньо з Microsoft Visual Studio, перетворювати Сі і Сі++ коди у виконувані MATLAB файли (Хутра-файли);
- інтеграція із системами контролю версій коду, такими як Visual Source Safe;
- новий інтерфейс (послідовний порт) для обміну даними із зовнішнім устаткуванням з MATLAB;
- новий пакет керування вимірювальними приладами (Instrument Control ToolBox) для обміну інформацією з приладами, підключеними до Каналу загального користування (GPIB, HP-IB, IEEE-488)
- істотно оновлені пакети розширення, зокрема, нові версії пакета моделювання динамічних систем Simulink 4 і Real Time Workshop 4;
- інтеграція із системами керування потребами, наприклад, DOORS.
- Поставляється із системою MATLAB 6.0 новий пакет розширення Simulink 4 також має ряд новинок. Вони перераховані нижче по категоріях.



- Удосконалення користувальницького інтерфейсу:
  - новий графічний налагоджувач для інтерактивного пошуку і діагностики помилок у моделі;
  - удосконалено навігатора моделей (Model Browser, Windows 95/98/Me/2000/XP/7);
  - новий одновіконний режим для відкриття підсистем;
  - контекстне меню для блок-діаграм (відкривається щикликом правої кнопки миші) як у Windows, так і в Unix версіях;
  - новий діалог Finder для пошуку моделей і бібліотек.

## 5.2 Основні об'єкти MATLAB

Центральним поняттям всіх математичних систем являється математичний вираз. Він задає те, що має бути обчислене в числовому (рідше в символьному) вигляді. Приклади простих математичних виразів:

2-4

3.256\*exp(8)

2+sin(x)/(4\*cos(y)).

Математичні вирази будуються на основі чисел, констант, змінних, операторів, функцій та різних спец знаків.

### 5.2.1 Числа

Число – найпростіший об'єкт мови Matlab, який представляє кількісні дані. Числа можна вважати константами, імена яких співпадають з їх значеннями. Вони можуть бути цілими, дробовими, з фіксованою і плаваючою крапкою. Можливе представлення з вказанням мантиси та порядку числа. В мантисі ціла частина відділяється від дробової комою, а не крапкою. Для відокремлення порядку числа від мантиси використовується символ *e*.

Числа можуть бути комплексними :  $z = Re(x) + Im(x) * i$ . Уявна частина має множник *i* або *j*, що означає корінь квадратний з -1:

>> i

```

ans =
    0 + 1.0000i
>> j
ans =
    0 + 1.0000i
>> k=3+7i
k =
    3.0000 + 7.0000i
>> real(k)
ans =
    3
>> imag(k)
ans =    7

```

За замовчуванням Matlab повертає числа в короткому записі в форматі з фіксованою комою (5 знаків). Тому при роботі з числовими даними можна задавати різні формати представлення чисел. Але обчислення завжди проводяться в форматі чисел з подвійною точністю. Для установки формату представлення чисел використовується команда

```
>> format name
```

де *name* – ім'я формату.

Для числових даних *name* може бути наступним:

- Short (default) - Короткий запис в форматі з фіксованою комою (5 знаків)
- Long - Довгий запис в форматі з фіксованою комою (15 знаків)
- Short e - Короткий запис в форматі з плаваючою комою (5 знаків +3 знаки порядку)
- Long e - Довгий запис в форматі з плаваючою комою (15 +3 знаки)
- Hex - Запис в вигляді шістнадцяткового числа
- Bank - Запис до сотих частин (грошові одиниці)
- + - Записується тільки знак числа
- Rational - Запис у вигляді раціонального дробу

Число всередині системи зберігається з усіма введеними цифрами. Виводяться на екран числа у формі встановленого формату. Введене значення і результати обчислень зберігаються з похибкою, що становить приблизно (точне значення в 15-ти десяткових розрядах). Діапазон дійсних чисел знаходиться в межах від  $10^{-308}$  до  $10^{308}$ .

### 5.2.2 Константи

Константа – наперед визначене числове або символічне значення, представлене унікальним іменем. Числа (наприклад 1, -256 і 0.024) являються безіменними числовими константами. Інші види констант в Matlab прийнято називати системними змінними. Вони задаються системою при завантаженні, але можуть переозначатись. Основні системні змінні:

$i, j$  – уявна одиниця;

$\pi$  – число  $\pi$  (пі);

$\text{Eps}$  – похибка операцій над числами з плаваючою комою (2-52);

$\text{Realmin}$  – найменше число з плаваючою комою (2-1022);

$\text{Realmax}$  - найбільше число з плаваючою комою (21023);

$\text{Inf}$  – значення машинної нескінченності;

$\text{Ans}$  – результат останньої операції;

$\text{NaN}$  – вказує на нечисловий характер даних (Not-a-Number);

```
>> 2*pi
```

```
ans =
```

```
6.28
```

```
>> eps %формат bank
```

```
ans =
```

```
0.00
```

```
>> format short e
```

```
>> eps
```

```
ans =
```

```
2.2204e-016
```

```
>> 1/0
```

```
Warning: Divide by zero.
```

```
ans =
```

```
Inf
```

```
>> 0/0
```

```
Warning: Divide by zero.
```

```
ans =
```

```
NaN
```

Символьна константа – це ланцюжок символів, записаних між апострофами, наприклад:

```
>> '3+cos(z)/log(5)'
```

```
ans =
```

```
3+cos(z)/log(5)
```

```
>> '25.05.2009 о 14:00 - футбол'
```

```
ans =
```

```
25.05.2009 о 14:00 - футбол
```

### 5.2.3 Текстові коментарі

Оскільки Matlab використовується для достатньо складних обчислень, важливе значення має їх наглядний опис. Це досягається за допомогою текстових коментарів. Коментарі вводяться за допомогою символа %, наприклад так:

```
%it is factorial function
```

Зазвичай перші рядки m-файлів служать для опису їх призначення, яке виводиться на екран після команди

```
>> help Ім'я_файлу
```

### 5.2.4 Змінні

*Змінні* – це іменовані об'єкти, здатні зберігати деякі дані. В залежності від цих даних змінні можуть бути числовими або символьними, векторними або матричними. Щоб присвоїти змінній деяке значення, треба виконати операцію присвоювання:

```
Ім'я_змінної = Вираз
```

Типи змінних наперед не декларуються. Вони приймають тип присвоєного виразу. Ім'я змінної (її ідентифікатор) може містити яку завгодно кількість символів, але запам'ятовуються і ідентифікуються тільки перші 31. Ім'я має бути унікальним, повинне починатися з букви, може містити букви, цифри та символ підкреслювання `_`. Недопустимо включати в імена змінних пробіли і спеціальні знаки, наприклад `+, -, /, *` і т. п. В пам'яті комп'ютера змінні займають місце - робочу область. Для очистки робочої області використовується функція `clear`:

`>> clear` – знищує означення всіх змінних;

`>> clear x` – знищує означення змінної `x`;

`>> clear a, y, z` – знищує означення декількох змінних.

### 5.2.5 Оператори

Оператор – це спеціальне позначення для певної операції над даними – операндами. Найпростішими арифметичними операторами є знак суми `+`, віднімання `-`, множення `*` та ділення `/`. Слід відмітити, що більшість операторів відноситься до матричних операцій. Наприклад, оператори множення `*` та ділення `/` обчислюють добуток та частку від двох масивів, векторів або матриць. Є ряд спеціальних операторів, наприклад оператор `\` означає ділення справа наліво, а оператори `.*` і `./` означають поелементне множення та поелементне ділення масивів.

Дуже часто необхідно виконати формування впорядкованих числових послідовностей. Такі послідовності потрібні для створення векторів чи значень абсциси при побудові графіків. Для цього в Matlab використовується оператор (двокрапка):

Початкове\_значення:Крок:Кінцеве\_значення.

Дана послідовність створює зростаючу послідовність чисел, котра починається з початкового значення, йде з вказаним кроком і завершується кінцевим значенням. Якщо крок не задано, то по замовчуванню він рівний 1. Якщо початкове значення більше за кінцеве, то виводиться повідомлення про помилку. Приклади застосування даного оператора:

```
>> i=1:4
```

```
i =
```

```
1 2 3 4
```

```
>> i=0:0.2:1
```

```
i =
```

```
0 0.2000 0.4000 0.6000 0.8000 1.0000
```

```
>> j=5:-1:1
```

```
j =
```

```
5 4 3 2 1
```

Повний список операторів можна отримати виконавши команду

```
>> help ops
```

### 5.2.6 Функції

Функції – унікально іменовані об’єкти, що виконують визначені перетворення своїх аргументів, і при цьому повертають результати своїх перетворень. Результат обчислення функції з одним вихідним параметром підставляється на місце її визову, що дозволяє використовувати функції в математичних виразах. Функції в загальному випадку мають список аргументів (параметрів). Якщо функція повертає декілька значень, то вона записується у вигляді

$$[Y1, Y2, \dots] = \text{func}(X1, X2, \dots)$$

де  $Y1, Y2, \dots$  - список вихідних параметрів, і  $X1, X2, \dots$  - список вхідних аргументів.

Функції можуть бути *вбудованими* і *зовнішніми*, або *m-функціями*. Вбудованими є найбільш поширені елементарні функції, наприклад,  $\sin(x)$  і  $\exp(x)$ , тоді як функція  $\sinh(x)$  є зовнішньою функцією. Зовнішні функції містять свої означення в *m-файлах*. Вбудовані функції зберігаються в відкомпільованому ядрі системи Matlab, тому вони виконуються дуже швидко.

Мова програмування системи Matlab пропонує ряд ефективних можливостей для задання функцій користувача. Одна з таких можливостей залючається в застосуванні функції *inline*, аргументом якої треба в апострофах

задати вираз, що задає функцію однієї чи декількох змінних. В приведеному прикладі задана функція двох змінних:

```
>> func1=inline('sin(x).^2+cos(y).^2')
```

```
func1 =
```

```
Inline function:
```

```
func1(x,y) = sin(x).^2+cos(y).^2
```

```
>> func1(1,0)
```

```
ans =
```

```
1.7081
```

Можна також задавати свої функції у вигляді m-файлів. У вікні редактора m-файлів (File – New – M-File) створити m-файл з ім'ям func3 і лістингом:

```
function y=func3(x,y)
```

```
y=sin(x).^2+cos(y).^2
```

Записавши його на диск, командою `type func3` можна вивести лістинг функції. Звертання до функції відбувається як до звичайної, підставляємо в список параметрів потрібні змінні.

### 5.3 Висновки до розділу 5

У розділі описано програмне забезпечення для проведення експериментальних досліджень за тематикою дипломної роботи, зокрема описано систему Matlab, основні об'єкти MATLAB як числа, константи, текстові коментарі, змінні, оператори та функції.

## РОЗДІЛ 6

### ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

#### 6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи

Основне завдання економічного обґрунтування – довести, що тема наукових досліджень має, перш за все, наукову, технічну, а також економічну, соціальну або екологічну значущість і сприяє тим самим зростанню темпів науково-технічного прогресу в цілому. Оскільки дослідження мають фундаментальний та фундаментально-пошуковий характер, то необхідно висвітлити науково-технічне значення даної сфери знань та перспективи, які розкривають дослідження по темі магістерської роботи.

Ця частина економічного розділу повністю формується на основі критичного опрацювання фахових публікацій останніх років, які присвячені питанням, що стосуються теми дослідження. Всі викладки цієї частини повинні спиратись на конкретні кількісні оцінки експлуатаційних та технологічних властивостей матеріалів та виробів, обсягів їх виробництва та використання, режимів технологічних процесів, ринкової вартості виробів та технологічних матеріалів, сировини, енергоресурсів тощо з відповідним посилками в тексті на першоджерела.

Результатом цього розділу має стати чітко сформульована науково-технічна проблема, на вирішення якої повинна бути направлена дана дослідницька робота. Таким чином, сформульована проблема і тема науково-дослідницької роботи повинні знаходитись у логічній єдності між собою.

#### 6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Розрахунок усіх витрат організації-виконавця НДР, пов'язаних з виконанням теми, дає можливість встановити її собівартість або кошторисну вартість. Кошторис розробляє виконавець робіт на основі календарного плану



проведення досліджень і затверджує замовник або орган, що забезпечує фінансування робіт. Як правило, кошторис складається до початку виконання робіт і тому називається плановим.

Встановлення величини витрат на проведення робіт по темі в розрізі типових статей кошторисної вартості (калькуляції собівартості) НДР наводяться нижче.

6.2.1 Витрати на оплату праці. Витрати за цією статтею включають заробітну плату безпосередніх виконавців теми, а заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу, працівників дослідних виробництв включаються в кошторисну вартість теми через статтю «Накладні витрати». Крім цього, слід враховувати, що для тем, які фінансуються за рахунок держбюджету прибуток не планується і тому в дану статтю витрат включається тільки основна заробітна плата (без премій та інших виплат, що здійснюються із прибутку). Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 1.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

Загальна трудомісткість робіт, що виконуються безпосередньо студентом (інженером - дослідником), визначається навчальним планом відповідного напрямку підготовки.

Таблиця 6.1

Трудомісткість робіт по темі НДР

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів					
	Провідний науковий співробітник	Старший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Інженер	Лаборант	Студент
1	2	3	4	5	7	8
1. Уточнення та конкретизація завдань по темі дослідження	1	1	1	-	-	-
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми		1	1	-	-	-

## Продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	7	8
3. Розроблення математичної моделі сигналу в каналалі радіозв'язку	1	1	-	-	-	-
4. Розроблення методу виявлення сигналів каналу радіозв'язку	-	1	-	-	-	-
5. Експериментальні дослідження в програмному середовищі Matlab	-	-	-	1	1	1
6. Формування звіту по НДР	1	-	-	1	1	-
Разом за виконавцями теми	3	4	2	2	2	1

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводиться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 6.2.

Середньоденна заробітна плата за категоріями виконавців розраховується шляхом ділення їх посадового місячного окладу на 21,2 (де 21,2 – усереднене число робочих днів за місяць).

Таблиця 6.2

## Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, люд/днів	Заробітна плата, грн		
		Посадовий місячний оклад	Середньоденна зарплата	Усього за виконавцями
1	2	3	4	5
1.Провідний науковий співробітник (18 тариф. розряд)	3	3248,52	153,23	9745,56

2. Старший науковий співробітник (17 тариф. розряд)	4	3036,00	143,21	12144
3. Молодший науковий співробітник (14 тариф. розряд)	2	2449,00	115,19	4898
4. Інженер (10 тар. розряд)	2	1841,84	86,88	3683,68
5. Лаборант (8 тариф. розряд)	2	1659,68	78,29	3319,36
6. Студент (7 тариф. розряд)	1	1558,48	73,51	1558,48
Разом оплата праці з теми				35349,08

6.2.2 Відрахування на соціальні заходи. До цієї статті витрат належать виплати у вигляді єдиного соціального внеску, які здійснює організація – виконавець теми в пенсійний фонд в розмірі 37,26%, що становить 13171,07 грн від загальних витрат на оплату праці.

Базою вказаного нарахування слугують загальні витрати на оплату праці по темі (табл.6.2).

6.2.3 Обладнання, необхідне для проведення досліджень. В даній статті враховують вартість усіх видів матеріалів, необхідних для проведення НДР, з вирахуванням вартості зворотних відходів.

Тематика дослідницьких робіт, які виконуються на факультеті прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, передбачає використання, перш за все, адіотехнічної системи виявлення сигналу, комп'ютерів для оцінювання статистик сигналів та формування матеріалів звітності, оргтехніки та ін.

Розрахунки зведено за формою у табл.6.3

Таблиця 6.3

## Розрахунки витрат на обладнання

Найменування обладнання	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
1	2	3	4	5
1. ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	шт	1	9000	9000

## Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4	5
4 Принтер лазерний	шт	1	1150	1150
5 Кабелі для підключення радіосистеми виявлення сигналів до ПК	шт	1	125	125
Загальні витрати на матеріали				10275

6.2.4 Енергоносії для проведення досліджень. На підприємстві електроенергія використовується для освітлення, живлення медобладнання, комп'ютерної техніки та оргтехніки [45]:

$$Z_{cm} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де  $P_i$  – витрата  $i$ -го виду матеріального ресурсу, натуральні одиниці;

$C_i$  - ціна за одиницю  $i$ -го виду матеріального ресурсу, грн.

$i$  - вид матеріального ресурсу;

$n$  - кількість видів матеріальних ресурсів.

Якщо для проведення НДР використовується електрообладнання, то необхідно розрахувати витрати на електроенергію за формою (6.1), наведеною в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

## Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Паспортна потужність, Вт	Коефіцієнт використання потужності	Час роботи обладнання для розробку АІС, год	Ціна електроенергії, Грн/ (кВт/год)	Сума, грн.
1	2	3	4	5	6
ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	400	0,25	90	1,72	15480
Принтер лазерний	810	0,35	5	1,72	2438,10

## Продовження таблиці 6.4

1	2	3	4	5	6
Лампи розжарювання (освітлення)	100	0,85	10	1,72	1462
РАЗОМ витрати на електроенергію					19380,10

6.2.5 Витрати на службові відрядження. Дані витрати складаються із фактичних витрат на службові відрядження штатних працівників, зайнятих виконанням НДР: витрат на проїзд до місця відрядження і назад; витрат на проживання у готелі; добових витрат, які розраховуються на кожний день перебування у відрядженні, враховуючи час перебування в дорозі, та деякі інші.

Під час виконання НДР здійснюються ряд відряджень, які пов'язані із доповідями на конференціях, які наведено у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5

## Приблизні витрати на службові відрядження

Тип відрядження	Кількість	Приблизна вартість відрядження
Конференція	5	2000
Здача звітів НДР	1	200
Впровадження результатів НДР	3	1200
Всього	–	3400

6.2.9. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми. Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.6.6).

## Планова калькуляція кошторисної вартості НДР (умовні дані)

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1.Витрати на оплату праці	35349,08	Відповідно до розрахунків
2.Відрахування на соціальні заходи	13171,07	Відповідно до діючих загальнодержавних нормативів
3.Обладнання для проведення досліджень	10275	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	19380,10	Відповідно до розрахунків
5.Витрати на службові відрядження	3400	Відповідно до розрахунків
6.Інші невраховані прямі витрати по темі	8157,525	10% від суми прямих розрахованих витрат по темі
7.Кошторисна вартість теми	89732,78	Сума попередніх статей

Кінцевим результатом науково-дослідницьких робіт є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, соціального, екологічного та інших видів ефектів.

Науковий ефект від виконання теми передбачає приріст наукових знань у певній сфері науки, а науково-технічний ефект характеризує можливість використання цих наукових знань в інших наукових напрямках та при розробці принципово нових технічних рішень. Економічний ефект відображає потенціал НДР в досягненні кращого співвідношення результатів виробництва до витрат і має прогнозний характер. Соціальний ефект заводиться до збільшення числа робочих місць, поліпшення умов праці та побуту, скорочення тривалості робочого тижня, розвитку охорони здоров'я, науки, культури, освіти. Екологічний ефект полягає в поліпшенні стану навколишнього середовища, зменшенні електромагнітного та іонізуючого випромінювання тощо.

### 6.3 Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи

Економічна оцінка фундаментальних і пошукових НДР у вартісному вимірі, як правило, неможливо, бо ймовірність доведення результатів таких досліджень до конкретного практичного застосування невелике. Для таких досліджень рекомендується [45] визначати науковий та науково-технічний ефект, який враховує результати наукових досліджень та їх значущість для прискорення науково-технічного прогресу та розвитку національної економіки.

Науковий та науково-технічний ефект рекомендується оцінювати коефіцієнтом науково-технічної ефективності ( $E_{нт}$ ) за допомогою формули [45]:

$$E_{нт} = \frac{\sum B_i \cdot B_{ij}}{\sum B_i \cdot B_{ij}^{\max}}, \quad (6.2)$$

де  $B_i$  – нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності (табл. 6.7);

$B_{ij}$  – середнє значення балу, який виставляється експертами і-му фактору;

$B_{ij}^{\max}$  – максимально можливе значення балу (табл. 6.8);

$i$  – порядковий номер фактору;

$j$  – відповідна характеристика і-го фактора.

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності наведені в табл. 6.7.

Таблиця 6.7

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності

Фактори ( $i$ )	Коефіцієнти вагомості ( $B_i$ )
1	2
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	0,25
2.Глибина наукового опрацювання	0,16
3.Ступінь ймовірності успіху	0,09

1	2
4.Перспективність використання результатів	0,25
5.Масштаб можливої реалізації результатів	0,15
6.Завершеність одержаних результатів	0,10
Разом	1,00

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР наведена в табл. 6.8.

Таблиця 6.8

## Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР

Фактор наукової та науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Оцінка фактора	
		Якісна	Бальна $B_{ij}^{\max}$
1	2	3	4
1.Новизна одержаних або передбачуваних результатів	Одержані принципово нові результати, раніше невідомі в науці, розроблена нова теорія, відкрита нова закономірність	Висока	10
	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	Середня	7
	Позитивне вирішення поставлених задач на підставі простих узагальнень, аналіз зв'язків між факторами, розповсюдження відомих наукових принципів на об'єкти	Недостатня	3
2.Глибина наукового опрацювання	Опис окремих елементарних фактів, передача та поширення отриманих раніше результатів, реферативні огляди	Тривіальна	1
	Проведена значна кількість експериментів по нетрадиційним методикам, виконані складні теоретичні розрахунки, підтверджені експериментальними даними	Істотна	10
	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомих методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	Середня	6



## Продовження таблиці 6.8

1	2	3	4
	Проведена недостатня кількість експериментів, виконані прості теоретичні розрахунки без експериментальної перевірки	Несуттєва	1
3.Ступінь ймовірності успіху	Висока ймовірність повного вирішення поставлених задач НДР	Значна	10
	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	Помірна	6
	Низька ймовірність вирішення поставлених задач, отримання позитивних результатів сумнівне	Незначна	1
4.Масштаб використання результатів	Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук	Широкий	10
	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	Достатньо широкий	8
	Результати будуть використані при проведенні наступних НДР, при розробці нових технічних рішень в конкретній галузі	Достатній	5
5.Ступінь реалізації результатів	Строк впровадження, роки: До 2	Висока	10
	До 4	Середня	7
	До 6	Достатня	4
	Більше 6	Недостатня	2
6.Завершення одержаних результатів	Авторське свідоцтво, стаття в фаховому виданні, методика, інструкція, класифікатор, стандарти, нормативи.	Висока	10
	Технічне завдання на прикладну НДР	Середня	8
	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	Достатня	6
	Огляд, інформаційне повідомлення	Недостатня	3

Кількісна оцінка факторів науково-технічної ефективності НДР здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне. Отримані результати зводять за формою табл. 6.9.

## Результати розрахунків науково-технічної ефективності НДР

Фактори науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Розрахунок $B_{ij}$			$B_{ij}^{\max}$
		Експертні оцінки		$B_{ij}$	
		1	2		
1	2	3	4	5	6
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	5	5	5	10
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	6	6	6	10
3.Ступінь ймовірності успіху	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	6	6	6	10
4.Перспективність використання результатів	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	8	8	8	10
5.Масштаб можливої реалізації результатів	До 2 років	10	10	10	10
6.Завершеність одержаних результатів	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	6	6	6	10

Розраховане за формулою 6.2 значення  $E_{нт}$  буде відображати рівень наукової та науково-технічної ефективності конкретної теми фундаментального чи пошукового дослідження [45]:

$$E_{нт} = \frac{0.25 \cdot 5 + 0.16 \cdot 6 + 0.09 \cdot 6 + 8 \cdot 0.25 + 10 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.1}{1 \cdot 10} = 0,685.$$

Загальну оцінку бакалаврської НДР можна здійснити, користуючись даними табл. 6.10.

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності  
фундаментальних та пошукових НДР

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності		Можливі рекомендації по результатам виконання НДР
Розраховане значення $E_{нт}$	Загальна якісна оцінка ефективності	
0,91-1,00	Відмінно	Оформлення авторського свідоцтва, публікація у фаховому виданні, продовження досліджень по даній тематиці
0,76-0,90	Дуже добре	
0,61-0,75	Добре	Рекомендації можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів
0,36-0,60	Достатня	Переглянути технічне завдання у разі продовження досліджень по даній темі
Менш 0,35	Незадовільна	Здійснити всебічний аналіз отриманих результатів по темі

#### 6.4 Висновки до розділу 6

У розділі на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 89732,78 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

## РОЗДІЛ 7

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 7.1 Охорона праці

7.1.1 Вимоги безпеки до лабораторних приміщень та обладнання для наукових досліджень. Навчальні прилади та вироби, призначені для лабораторних робіт і демонстрацій в кабінеті фізики, за способом захисту людини від ураження електричним струмом повинні задовольняти вимогам до приладів II класу (мати подвійну або посилену ізоляцію) або III класу (приєднуватися до джерел живлення з напругою, не вищою за 42 В).

Для забезпечення електробезпеки в електромережах кабінету фізики необхідно застосовувати їх електричне розділення.

Розділення електричної мережі на окремі розгалуження, які електрично не пов'язані між собою, слід виконувати за допомогою розподільного трансформатора.

Струмopовідні частини пристроїв, що встановлені в кабінеті фізики, треба надійно закривати захисними засобами (кожухами). Не дозволяється використовувати обладнання, прилади, проводи і кабелі з відкритими струмопровідними частинами.

Прокладання, закріплення, ремонт і приєднання проводів до споживачів і мережі слід виконувати тільки за умови вимкненої напруги. У місцях, де можливе механічне пошкодження проводів, кабелів, їх треба додатково захищати діелектричними засобами.

Щоб уникнути ураження електричним струмом у разі доторкування до патрона, гвинтову металеву гільзу патрона слід з'єднувати з нульовим, а не фазовим проводом, а однополюсні вимикачі, запобіжники треба встановлювати лише в розрив кола фазового проводу.

Трьохпровідну електричну мережу необхідно підводити до електрощита керування. Електричний щит керування треба оснащувати кнопкою

(рубильником) аварійного вимикання.

З електрощита управління лінію однофазного струму необхідно підводити через захисно-вимикаючий пристрій шкільний (ЗВПШ) до демонстраційного столу і пульта керування комплексом апаратури електропостачання. У цьому разі запобіжники і вимикачі треба ставити тільки в коло фазового проводу.

Обладнання необхідно вмикати послідовно від спільного вимикача до вимикачів кіл, що розгалужуються; останні в цьому випадку повинні бути вимкнені. Вимикають обладнання у зворотному порядку.

Не дозволяється використовувати нестандартні запобіжники. На запобіжниках повинен зазначатись номінальний струм.

Під час налагодження та експлуатації осцилографів і телевізорів необхідно особливо обережно поводитися з електронно-променевою трубкою, неприпустимі удари по трубці або потрапляння на неї розплавленого припою, бо від цього трубка може вибухнути.

Не дозволяється вмикати без навантаження випрямлячі, бо можливе нагрівання електролітичних конденсаторів фільтра, що може призвести до вибуху.

Не дозволяється перевищувати межі допустимих частот обертання відцентрової машини, універсального електродвигуна, обертового диску, що зазначені в технічних описах. Під час демонстрування необхідно стежити за справністю усіх кріплень у цих приладах. Щоб запобігти травмуванню під час демонстрації цих пристроїв перед робочим місцем необхідно встановити захисний екран.

Для вимірювання напруги і сили струму вимірювальні прилади слід з'єднувати провідниками з надійною ізоляцією, що мають одно-, двополюсні вилки. Приєднувати вилки (щуп) до схеми потрібно однією рукою, а друга рука не повинна торкатися шасі, корпусу приладу, пристроїв та інших електропровідних елементів. Особливо треба бути обережним при роботі з друкованими схемами, для яких характерні малі відстані між сусідніми провідниками друкованої плати.

Відповідно до Типової інструкції з охорони праці при проведенні робіт з лазерними апаратами, затвердженої наказом Міністерства охорони здоров'я СРСР від 26.05.88 № 06-14/20 (НАОП 9.1.50-5.01-88), не дозволяється експлуатувати лазерну установку без захисного заземлення, необхідно обмежити екраном поширення променя вздовж демонстраційного стола. Не дозволяється робити будь-які регулювання, якщо знята верхня частина корпусу.

7.1.2 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером при виконанні науково-дослідної роботи. Оскільки під час проведення науково-дослідної роботи використовується персональний комп'ютер, як основна складова, тому у розділі розглянуто питання аналізу шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером.

За даними вчених [44], у користувачів ПК за кілька годин до закінчення робочого часу передчасно знижується працездатність і розвивається втома. У 48% обстежених працівників обчислювальних центрів було виявлено невротичні розлади: погіршення пам'яті, знесилення, серцебиття, негативні дисфункції, неувважність, неврастенія. В таблиці 7.1 вказані потенційно небезпечні на організм людини виробничі фактори.

Таблиця 7.1

Потенційно небезпечні виробничі фактори

Небезпечний фактор	Фактичні дані замірів	Нормовані значення
Рентгенівське випромінювання	12-15 мкР/год	75 мкР/год
Ультрафіолетове випромінювання	0-0.005 Вт/м <sup>2</sup>	0.01 Вт/м <sup>2</sup> 0.01 Вт/м <sup>2</sup>
Видимий діапазон	0.1-2.0 Вт/м <sup>2</sup> 2.5-4.0 Вт/м <sup>2</sup>	10.0 Вт/м <sup>2</sup>
Яскравість	75-80 кД/м <sup>2</sup>	>50кД/м <sup>2</sup>
ІЧ-випромінювання	0.15-5.0 Вт/м <sup>2</sup>	100.0 Вт/м <sup>2</sup>
Електростатичне поле	15 ВТ/м	20-60 кВ/м
Шум	45-55 дБА	60 дБА

Оскільки екран монітора є джерелом світла, тому необхідно організувати освітлення та розташувати його так, щоб у полі зору користувача не було інших яскравих джерел світла, а також освітленість екрану не збільшувалась за рахунок будь-якого стороннього джерела світла.

Пофарбовані у світлі кольори меблі приміщення і великі вікна є додатковими джерелами світла.

У надто освітленому приміщенні погано видно невеликі букви і цифри на екрані монітора. Це викликає головний біль, погіршення зору, зниження концентрації, а також призводить до помилок у роботі через некоректне сприйняття інформації.

Спектр випромінювання комп'ютера містить у собі рентгенівську, ультрафіолетову й інфрачервону області спектра, а також широкий діапазон електромагнітних хвиль інших частот. Небезпека рентгенівських променів вважається зараз спеціалістами досить малою, оскільки цей вид променів поглинається склом екрана. Проте необхідно пам'ятати, що рентгенівське випромінювання, навіть мізерно малих інтенсивностей, сприяє іонізації повітря.

Інфрачервоне випромінювання шкідливо діє на зір, втомлюючи очі, при тривалій дії порушує нормальне сприйняття кольору оком. Рентгенівське випромінювання шкідливо впливає на кісткові тканини і кровотворні функції кісткового мозку. Електромагнітне випромінювання, яким супроводжується показ зображення на моніторі комп'ютера, негативно впливає на органи зорового сприйняття людини. Основні джерела електромагнітного випромінювання вказані в таблиці 7.2 [44].

Відеотермінали випромінюють електромагнітні хвилі в дуже широкому діапазоні. У радіодіапазоні вони продукуються катодною трубкою; основне же джерело - горизонтальні і вертикальні відхиляючі котушки, які забезпечують сканування електронного променя по екрані в діапазоні 15 - 35 кГц. На відстані 50 мм від екрана напруженість електричного поля має значення від одиниць до 10 В/м, а магнітна індукція - від  $10^{-8}$  до  $10^{-7}$  Тл. Відеотермінали випромінюють також змінні електричні і магнітні поля з частотою 50 або 100 Гц і їхні гармоніки.

## Основні джерела електромагнітного випромінювання

Джерело	Діапазон частот (перша гармоніка)
Монітор мережний трансформатор блока живлення	50 Гц
Статичний перетворювач напруги в імпульсному блоці живлення	20 - 100 кГц
Анодна напруга монітора, (тільки для моніторів із ЭЛТ)	0 Гц (електростатика)
Системний блок (процесор)	50 Гц - 1000 МГц
Джерела безперебійного живлення	50 Гц, 20 - 100 кГц

В таблиці 7.3 наведено гігієнічні норми впливу високовольтного електромагнітного поля (ЕМП).

Таблиця 7.3

## Гігієнічні норми впливу високовольтного ЕМП

Напруженість електричного поля, В/м	Час перебування людини в електричному полі протягом однієї доби, хв.
менше 5	Без обмеження
від 5 до 10	Не більш 180
від 10 до 15	Не більш 90
від 15 до 20	Не більш 10
від 20 до 25	Не більш 5

Під час роботи комп'ютерів суттєво зменшується в робочій зоні кількість негативно заряджених іонів. Це обумовлено дією електричних полів, насамперед електростатичного. За санітарними нормами рівень концентрації аероіонів, відхилення від якого складає небезпеку здоров'ю людини знаходиться в діапазоні від 600 АІ (аероіонів) до 50000 АІ в куб.см. В таблиці 7.4 наведено рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК.

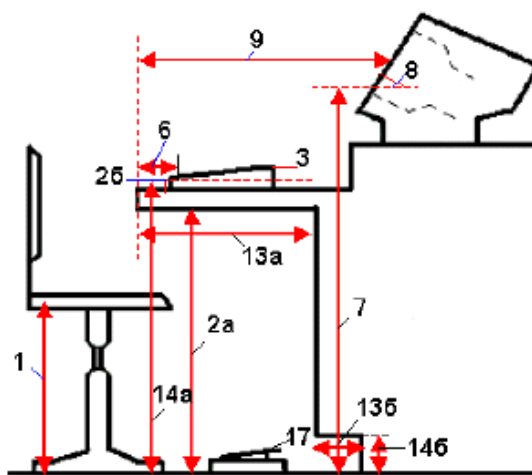


## Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>2</sup> куб. повітря	
	n <sup>+</sup>	n <sup>-</sup>
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 - 3000	3000 - 5000
Максимально допустимі	50000	50000

Тривале вдихання повітря, що містить надлишок позитивних іонів, приводить до головної болі і запаморочення, до так званого "синдрому постійної втоми. Збільшується рН крові, порушується процес протікання хімічних реакцій на клітинному рівні (метаболізм). Надлишок позитивних іонів - причина функціональних порушень роботи щитовидної залози, порушення обміну речовин. На цьому фоні виникають депресії, стани тривоги і занепокоєння, безсоння.

7.1.3 Забезпечення нормальних умов праці на робочому місці. При плануванні та організації робочого місця дослідника, який виконує науково-дослідну роботу, згідно санітарних норм, існує ряд правил, які необхідно виконувати для забезпечення нормальної працездатності упродовж усього робочого дня. Монітори комп'ютерів орієнтовані так, щоб кількість бліків була мінімальна, а відстань до очей оператора оптимальна. На рисунку 7.1 показана схема організації розміщення робочого місця користувача ПК [44].



Рисунку 7.1. Основні просторові параметри робочого місця користувача ПК

На рисунку 7.2 показані джерела електромагнітного випромінювання ПК.

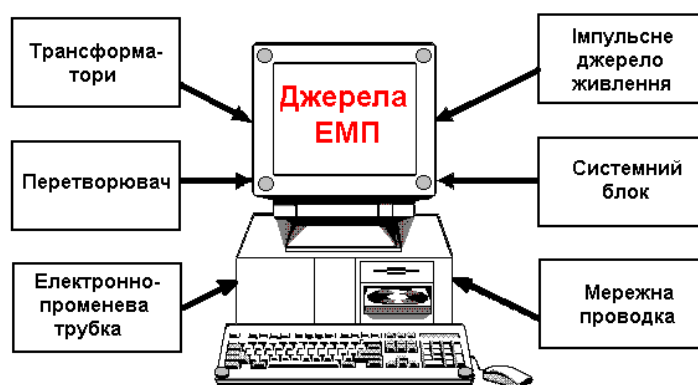


Рисунок 7.2. Джерела електромагнітного випромінювання ПК

Площу приміщень, в яких розташовують відеотермінали, визначають згідно з чинними нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом: площа - не менше  $6,0 \text{ м}^2$ , обсяг - не менше  $20,0 \text{ м}^3$ , з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Нормування параметрів середовища проводять з урахуванням характеру трудової діяльності, особливостей механізму впливу на організм робітників чинників зовнішнього середовища та ступеня важкості і напруженості праці. Зокрема, під час виконання робіт, які передбачають розробку концепцій нових програм, рівень шуму не повинен перевищувати 40 дБА, під час виконання операторської діяльності - 65 дБА. Рівень шуму під час роботи ЕОМ у дисплейних залах не перевищує 50 дБА, а рівні звукового тиску в октавних полосах частот з середньгеометричними значеннями 63, 125, 250, 5000, 1000, 2000, 4000 та 8000 Гц - відповідно повинні складати не більш, ніж 71,61, 54, 49, 45, 42, 40 та 38 дБ [44].

Приміщення, що оснащені дисплеями (ділянки підготовки даних, дисплейні зали), мають північну або північно-східну орієнтацію. Коли у діючих обчислювальних центрах такі приміщення орієнтовані переважно на південні, південно-західні або південно-східні румби, передбачають обов'язкове розташування на вікнах сонцезахисних пристроїв (жалюзі, штори). В приміщеннях, які оснащені відеотерміналами, стіни пофарбовані у кольори

пастельних тонів з коефіцієнтом відбиття, що знаходиться у межах 40-60%. Забарвленню поверхонь надано матову фактуру.

Робочі місця, які обладнані ПК, розташовують таким чином, щоб у поле зору користувача не потрапляли вікна та освітлювальні прилади. Тому відеотермінали розміщено під кутом 90-105° до площини зовнішньої стіни. В поле зору користувача ПК не повинні потрапляти і інші поверхні робочого приміщення, які мають властивості віддзеркалювання. Співвідношення яскравості екрана та поверхонь, які оточують, повинно складати 5:1, причому, безпосереднє покриття робочого стола повинно мати коефіцієнт відбиття 0,25-0,4.

Параметри мікроклімату в дисплейних залах забезпечують комфортне теплове самопочуття організму користувача ПК. Тому оптимальна температура повітря в цих приміщеннях становить 19-21 °С, (допустима – 18-22 °С), оптимальна відносна вологість – 40-60%, оптимальна швидкість руху повітря - 0,05-0,1 м/с.

З метою запобігання електротравм забороняється працювати з моніторами, які є незаземленими, а також з моніторами, у яких порушений зовнішній вигляд або під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані.

## 7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Серед способів захисту населення у надзвичайних ситуаціях особливе місце займає медичний захист. Виходячи з досвіду, надзвичайні ситуації, як правило, призводять до масової загибелі людей та їх ураження. Для зменшення ступеня ураження необхідно приймати невідкладні заходи щодо надання медичної допомоги потерпілим, відповідно до вимог статті 36 Кодексу цивільного захисту України, Закону України «Про екстрену медичну допомогу».

Наданням цієї допомоги займається медична служба цивільного захисту (ЦЗ), яка організовується на базі Міністерства охорони здоров'я України та його структурних підрозділів і призначена для медичного забезпечення населення, що

постраждало внаслідок стихійного лиха, аварій та катастроф. Вона виконує такі основні завдання:

- своєчасне надання потерпілому населенню усіх видів медичної допомоги та лікування потерпілих з метою їх повного одужання;
- попередження виникнення і розповсюдження серед населення масових інфекційних захворювань;
- забезпечення санітарного благополуччя населення та виключення несприятливих санітарних наслідків виробничих аварій та стихійних лих.

Ці завдання вирішуються шляхом проведення комплексу організаційних, лікувально-профілактичних, лікувально-евакуаційних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. Основними з них є:

- підготовка органів та установ охорони здоров'я до роботи в умовах великих виробничих аварій та стихійних лих;
- організація і підготовка пересувних медичних формувань для проведення рятувальних робіт, а також підготовка медичних установ до лікування потерпілих і хворих;
- організація і проведення лікарняно-евакуаційних, санітарно-гігієнічних та протиепідемічних заходів в осередках ураження і на етапах медичної евакуації;
- навчання медичного персоналу з медичних питань;
- розроблення планів підготовки органів і об'єктів охорони здоров'я до виконання заходів ЦЗ;
- організація забезпечення формувань та установ медичної служби медичним, господарським і спеціальним майном;
- навчання населення вмінню надавати само- та взаємодопомогу при отриманні різних травм.

При виникненні надзвичайних ситуацій, незалежно від їх масштабу, як правило, першими для надання медичної допомоги до осередку катастрофи прибувають і починають працювати, згідно із своїми функціональними обов'язками, бригади швидкої медичної допомоги (ШМД), які обслуговують населення даної території. Вони надають першу лікарську (фельдшерські бригади

– долікарську) допомогу постраждалим і евакуюють їх у стаціонарні медичні заклади.

Якщо ліквідувати медико-санітарні наслідки надзвичайної ситуації силами штатних бригад ШМД неможливо, то розгортаються сили першого етапу медичної евакуації. У район надзвичайної ситуації додатково до діючих штатних бригад ШМД направляються медичні бригади постійної готовності першої черги, територіального рівня (а якщо вимагають обставини, то і державного рівня).

При неможливості забезпечення кваліфікованої та спеціалізованої допомоги всім постраждалим діючими лікарняними установами розгортаються лікувальні заклади другого етапу медичної евакуації. Ліжкофонд, що розгортається додатково, забезпечується запасами м'якого інвентарю, медикаментів, продуктів харчування, предметів догляду за хворими, медобладнання тощо. Спеціалізовані бригади постійної готовності другої черги, що прибувають на посилення медичного персоналу забезпечені майном за рахунок закладів до яких вони належать.

Координацію роботи служби на державному рівні здійснює Центральна координаційна комісія МОЗ України, а на територіальному рівні — територіальні координаційні комісії. Вони є постійно діючими дорадчими позаштатними органами, які створюються з метою погодження дій медичних сил різних відомств в умовах надзвичайних ситуацій. До складу комісій входять представники усіх міністерств і відомств, відповідних рівнів Служби.

Головою центральної координаційної комісії є Міністр охорони здоров'я України, а територіальних координаційних комісій — начальники управлінь (відділів) охорони здоров'я відповідних адміністративних територій.

Особливе місце в роботі медичної служби займає захист населення від інфекційних захворювань.

Для запобігання розповсюдження інфекційних захворювань в осередку інфекційної хвороби встановлюється режим карантину або обсервації.

*Карантин* — адміністративні та медико-санітарні заходи, що застосовуються для запобігання поширенню особливо небезпечних інфекційних захворювань;

Карантин встановлюється та відміняється Кабінетом Міністрів України за поданням головного державного санітарного лікаря України.

Рішення про встановлення карантину, а також про його відміну негайно доводиться до відома населення відповідної території через засоби масової інформації.

У рішенні про встановлення карантину зазначаються:

- обставини, що призвели до цього;
- визначаються межі території карантину;
- затверджуються необхідні профілактичні, протиепідемічні та інші заходи, їх виконавці та терміни проведення;
- встановлюються тимчасові обмеження прав фізичних і юридичних осіб та додаткові обов'язки, що покладаються на них.

Встановлення карантину передбачає:

- повну ізоляцію осередку інфекційної хвороби;
- встановлення охорони на зовнішніх кордонах;
- заборону виходу людей, тварин та вивезення майна;
- дозвіл в'їзду лише спеціальним формуванням призначеним для проведення профілактичних та протиепідемічних заходів;
- заборону транзитного проїзду;
- розподіл населення на дрібні групи і доставку продуктів харчування, води в окремі квартири та будинки;
- припинення роботи всіх підприємств та установ, крім тих, які мають значення для життєзабезпечення населення;
- проведення профілактичних заходів серед населення та лікування хворих;
- проведення санітарної обробки населення, дезінфекції, дезінсекції, дератизації;
- використання засобів індивідуального захисту.

Об'єкти які продовжують роботу в зонах карантину переходять на особливий режим праці:

- робітники та службовці переводяться на казармене положення з виконанням протиепідемічних заходів;

— зміни розподіляються на окремі групи (меншої чисельності), контактування між ними та вихід з приміщень забороняється;

— харчування та відпочинок організовується групами у спеціально відведених приміщеннях.

Карантин встановлюється на період, необхідний для ліквідації епідемії чи спалаху особливо небезпечної інфекційної хвороби. Коли інфекційна хвороба не відноситься до групи особливо небезпечних вводяться обмежувальні протиепідемічні заходи – режим обсервації.

Обмежувальні протиепідемічні заходи встановлюються місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування за поданням відповідного головного державного санітарного лікаря у разі, коли в окремому населеному пункті, у дитячому виховному, навчальному чи оздоровчому закладі виник спалах інфекційної хвороби або склалася неблагополучна епідемічна ситуація, що загрожує поширенням інфекційних захворювань. Обмеженням підлягають ті види господарської та іншої діяльності, що можуть сприяти поширенню інфекційних захворювань. Види і тривалість обмежувальних протиепідемічних заходів встановлюються залежно від особливостей перебігу інфекційної хвороби, стану епідемічної ситуації та обставин, що на неї впливають.

### 7.3 Висновки до розділу 4

У підрозділі з охорони праці проаналізовано негативний вплив шкідливих і небезпечних факторів під час роботи з персональним комп'ютером при виконання науково-дослідної роботи та описано заходи особистої безпеки персоналу цехів, лабораторії по виготовленню радіотехнічної системи.

У підрозділі з безпеки в надзвичайних ситуаціях проаналізовано способи реалізації заходів медичного захисту у разі надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

## РОЗДІЛ 8

### ЕКОЛОГІЯ

#### 8.1 Актуальність проблеми охорони навколишнього середовища

Впровадження у виробництво найновіших досягнень науки і техніки, поява нових технологій, енергоджерел і матеріалів призвели до революційних змін у житті суспільства. Людство вступило в епоху науково-технічної революції, що посилює антропогенний вплив на природу.

Цей вплив має суперечливий характер. У ньому переплітаються позитивні й негативні явища. З одного боку, вдосконалення технологій і зростання виробництва сприяють більш повному задоволенню потреб людей, раціональному користуванню природними ресурсами, збільшенню виробництва продуктів харчування і т. ін. З іншого - забруднюється природне середовище, знищуються ліси, посилюється ерозія ґрунтів, випадають кислотні дощі, зменшується озоновий шар землі, погіршується стан здоров'я людей тощо.

Зростаючі потреби суспільства і виробництва обумовлюють подальше прискорення темпів науково-технічного прогресу. Цілком зрозуміло, що чим вищий історичний етап розвитку суспільства, тим більшою мірою стан природного середовища детермінується цілепокладаючою людською діяльністю. Поглиблення і розширення масштабів такої діяльності можуть призвести до глобальних суперечностей у розвитку цивілізації, які можна подолати лише шляхом проведення докорінних змін у рамках розвитку самого суспільства.

Сучасна екологічна ситуація складалась стихійно в ході діяльності людей, спрямованої на задоволення їхніх потреб. Людина досягла висот сучасної цивілізації завдяки тому, що постійно змінювала природу у відповідності зі своїми цілями. Люди досягали цілей, на які розраховували, але одержували наслідки, яких не чекали.

Науково-технічна революція змінює стосунки людини з природою, створює нові умови її існування, помітно впливає на спосіб її життя і праці.



Використовуючи сучасні засоби виробництва, людство впливає на природу в планетарному масштабі. Різке збільшення масштабів такого впливу загострило проблему передбачення наслідків людської діяльності.

Отже, постають дві взаємопов'язані проблеми:

- перша - вплив обмеженості природних ресурсів на їх використання і розвиток суспільного виробництва, зростаюче забруднення середовища;
- друга - необхідність розробки комплексу заходів щодо ліквідації цієї небезпеки для подальшого розвитку суспільства.

Природокористування має загальний характер, оскільки будь-який вид діяльності людей викликає зміни природного середовища. Ускладнення взаємозв'язків у природних, виробничих і соціальних системах, зростання пріоритету природогосподарських зв'язків викликають необхідність їх регулювання.

Під впливом людини відбуваються величезні зміни природного середовища, з чим пов'язана необхідність його охорони. В ХХ ст. людина проклала нові шляхи переміщення енергії і речовини в географічній оболонці, подекуди значною мірою порушивши екологічну рівновагу.

Глибокі зміни природного середовища під впливом господарської діяльності порушують рівновагу, що склалася за тривалий період його природного розвитку. В багатьох регіонах земної кулі подібні зміни призвели до забруднення середовища, зникнення багатьох видів рослин і тварин, виникнення антропогенних "бедлендів" тощо.

8.2 Забруднення довкілля, що виникають при виготовленні радіотехнічної системи виявлення сигналів

Виробництво радіотехнічної системи спричиняє наступні забруднення навколишнього середовища:

- хімічне забруднення води;
- теплове забруднення;

- забруднення повітря газами та пилом.

Хімічне забруднення води відбувається під час технологічних операцій: травлення плат, лудження, хімічного міднення, різного типу промивань. Вода забруднюється важкими металами, кислотами та іншими хімічними сполуками, у воду потрапляють солі міді, олова, свинцю, розчини кислот, лугів органічних речовин. Існує декілька методів очищення води, але найпоширенішою методикою є фільтрація. Від розчинених забруднень воду очищають реагентним методом (добавка  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

Забруднення повітря відбувається під час паяння, фарбування, сушіння, нанесення покриттів. При цьому виділяється технологічний пил, токсичні гази і пари.

В процесі виробництва системи в основному використовуються сучасні матеріали (таблиця 8.1) та безвідходні технології.

Таблиця 8.1

Перелік матеріалів та їх відходи

Найменування матеріалу	Норма витрат, кг	Величина відходів, %.
Спирто-бензинова суміш 1:1	0,32	3
Флюс ФКСп ДУЮ 012.00.00009	0,30	5
Припой ПОС-6 ГОСТ 21931-76	0,35	3
Лак ЕП-730-413 ТУ-10-1539-76	0,29	2
Сплав 40К27ХМНсТаЕ14-1-1943-77	0,30	2
Текстоліт СФ-2-50-2 ГОСТ 10.316-78	0,20	1
Клей ВК-9 ОСТ 4.ГО.029.204	0,10	1

Теплове забруднення викликається тим, що в процесі виробництва виділяється певна кількість тепла, що призводить до підвищення температури в цехах. В цей час в працівників частішає дихання, збільшується частота биття серця.

В процесі виробництва системи використовують наступні види енергоресурсів: природний газ для обігріву виробничих приміщень та електроенергію для технологічних цілей та освітлення.

### 8.3 Заходи зі зменшення забруднення довкілля при виготовленні радіотехнічної системи виявлення сигналів

Для зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище при монтажі і складанні системи необхідно провести заходи щодо зменшення цього впливу.

- 1) Впровадження безвідходного виробництва;
- 2) Впровадження на виробництві нових технологій схеми очистки води і повітря та ін.

Поступовий перехід від механізації до автоматизації, з одного боку, збільшує вплив людини на природу, але з іншого, дозволяє мати принципово нову технологічну основу для вирішення екологічних проблем.

Використання сучасної елементної бази при виробництві системи дозволило скоротити кількість дискретних елементів, для виробництва яких необхідно задіяти різні типи виробництв, які можуть виявитись шкідливими для навколишнього середовища. Зменшення кількості матеріалів, які необхідні при технологічному процесі, дозволило не тільки зменшити собівартість, але й величину відходів при виробництві. При монтажі і складанні системи не використовується обладнання, яке виділяє в навколишнє середовище токсичні речовини, оксиду вуглецю. Кількість місць пайки зменшена, що дозволяє підвищити економію електроенергії.

Проте для надійного знешкодження атмосферних забруднень використовують систему вентиляції очищення повітря від пилу і газів, зокрема схему комбінованої механічної вентиляції (Рисунок 8.1), яка складається з: 1- повітрозабірний пристрій; 2 - фільтр для очищення повітря від пилу; 3 - калорифери, де повітря нагрівається; 4 - вентилятор; 5 - повітроводи; 6 —

припливні насадки, крізь які повітря подається у приміщення; регулюючі пристрої.

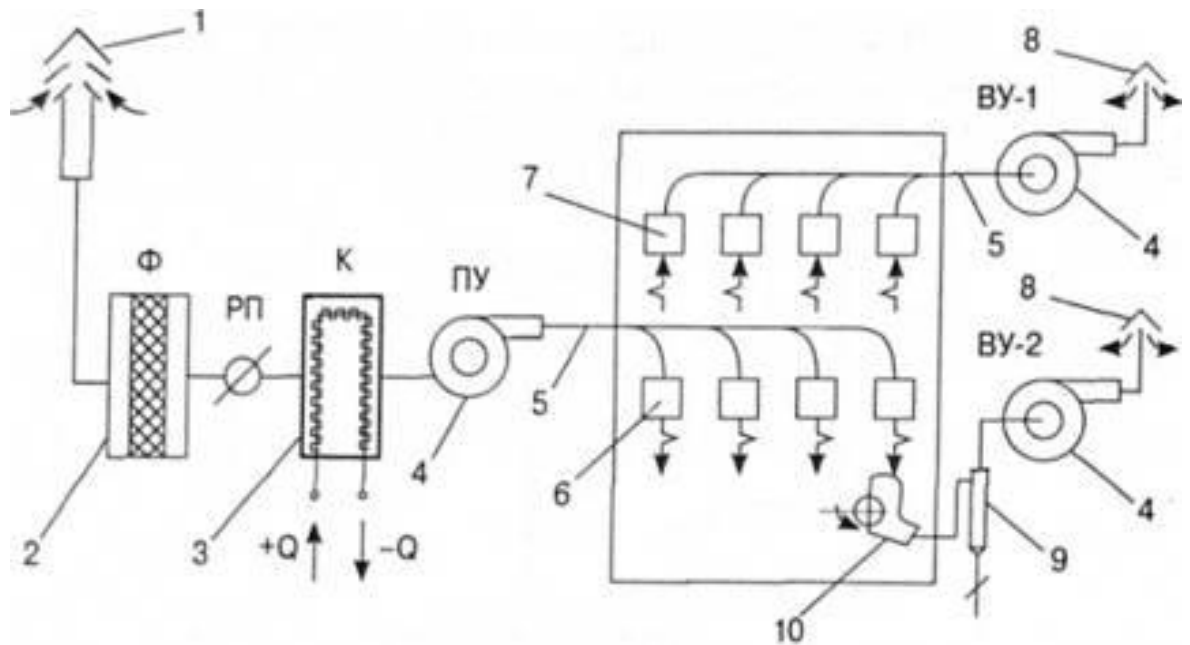


Рисунок 8.1. Схема комбінованої механічної вентиляції

У системі механічної вентиляції рух повітря здійснюється вентиляторами. Усування тепла від об'єкту відбувається за такою ж схемою як і очищення від забруднення повітря із використання комбінованої механічної вентиляції (рисунок 8.1).

Воду, забруднену частками міді, домішками кислот і іншими хімічними речовинами очищують шляхом використання технології рециклінгу (повторне використання). Схема рециклінгу відходів проста: первинна сепарація в місцях утворення — сортування та неінтегрована переробка — отримання корисних продуктів або матеріалів. Схему очистки води зображено на рисунку 8.2.

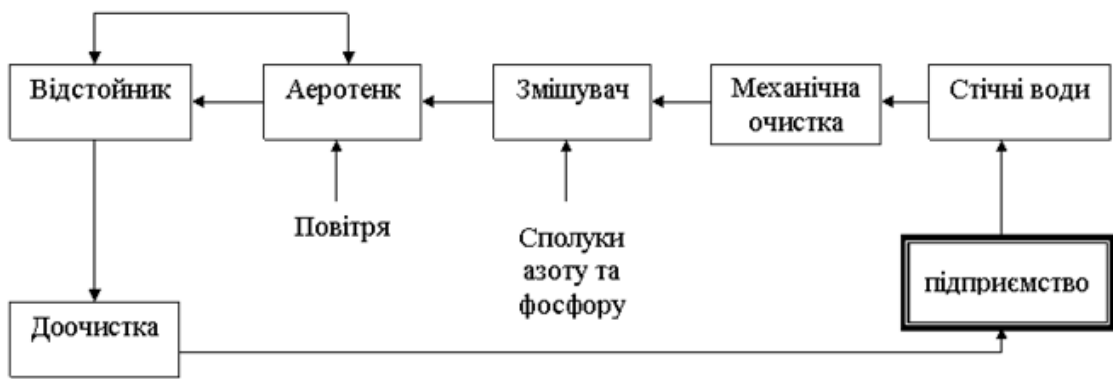


Рисунок 8.2. Схема очистки води

### 8.3 Висновки до розділу 8

Отже, при проведенні виробничих процесів монтажу і складання радіотехнічної системи виявлення сигналів застосовано технологічні методи і засоби, які створюють мінімальний вплив на навколишнє середовище

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі магістра розв'язано актуальну наукову задачу розроблення методу оптимального методу виявлення електроретиносигналу у суміші із завади із підвищеною достовірністю прийнятого рішення.

При цьому отримано такі результати:

1. У результаті проведеного порівняльного аналізу відомих методів виявлення сигналів на тлі завад в каналах радіозв'язку встановлено, що виникає необхідність розробки нового методу, який би дав змогу достовірно виявити та оцінити сигнал.

2. Обґрунтовано математичну модель сигналів в каналах радіозв'язку у вигляді адитивної суміші корисного сигналу та завади типу білого гаусівського шуму для задачі виявлення корисного сигналу у суміші із завадами.

3. Розроблено метод достовірного виявлення присутності сигналу у суміші із завадами в каналах радіозв'язку на базі статистичного критерію Неймана-Пірсона при заданих помилках прийнятого рішення.

4. Розроблено програмне забезпечення для задач виявлення сигналів у суміші із завадами в каналах радіозв'язку.

5. Проведено експериментальні дослідження по виявленню радіосигналів в каналах зв'язку із адитивними впливом завад.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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. — М.: Радио и связь, 1988. 128 с.
5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1988.-448 с.
6. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы./ С. И. Баскаков. — М.: Высш. шк., 2000. – 462 с.
7. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценивания и модуляция. Том 1. Пер. с англ. – М.: Сов. Радио, 1972. – 744 с.
8. Вербанский А. Организация мирового радиовещания// Радио. — 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. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 432 с.
11. Гуревич М.С. Спектры радиосигналов. — М.: Связьиздат, 1963. — 321с.
12. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Советское радио, 1972.-448с.
13. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1977. 479 с.

14. Жураковський Ю. П. Теорія сигналу та кодування [Текст] : підручник / Ю.П. Жураковський, В.П. Полторака. – 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. – М. : Связь, 1972. – 360 с.
16. Зюко А.Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи. — М.: Связь, 1972. 360 с. 7 899 отсчет МККР, XV Пленарная Ассамблея. Женева, 1982 - Т. 8.
17. Коган И. М. Прикладная теория информации [Текст] / И. М. Коган. – М. : Радио и связь, 1981. – 216 с.
18. Назаров М.В., Кувшинов Б.И., Попов О.В. Теория передачи сигналов.- М.: Связь, 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. М.: Радио и связь, 1981. - 232 с.
20. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Связь, 1979. 252 с.
21. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники./ Б. Р. Левин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
22. Мартин Ф. Моделирование на вычислительных машинах./ Ф. Мартин. Пер. с англ. – М.: Сов. радио, 1972. – 288 с.
23. Урывский Л. А. Основы прикладной теории информации для телекоммуникаций [Текст] : диссертация доктора технических наук : 05.12.02 / Л. А. Урывский; Киев, НТУУ «КПИ». – К. : 2009. – 377 с.
24. Пономарев В. А. Программирование на ЭЦВМ «Мир-1»/ В. А. Пономарев. – М.: Сов. радио, 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 – М.: Связь, 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. – М.: Изд. дом “Вильямс”, 2001. – 1104 с. – Парал. тит. англ.
28. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов/Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Назаров М. В., Финк Л. М.— М.: Связь, 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. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
30. Теряев Б.Г. Исследование свойств сигналов с изменением фазы по треугольному закону//Радиотехника. — 1981. № 9. — С. 12-17.
31. Тихонов В .И . Оптимальный прием сигналов . – М.: Радио и связь , 1983. – 320 с .
32. Тихонов В.И., Харисов В.Н. Статистический анализ радиотехнических устройств и систем: Учебное пособие для высших учебных заведений.– М.: Радио и связь, 1991. – 608с.
33. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. — М.: Сов. Радио, 1971. — 704 с.
34. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1982. - 624 с.
35. Феер Л. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра [Текст] / Л. Феер // Пер. с англ. М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
36. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Советское радио, 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 [Text] / 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 Radioelektronika. – 2004, VOL 47; PART 4, P. 40–41. – Allerton Press Inc. (USA).
43. Білявський Г. О. Основи екології [Текст] : підручник для студ. вищих навч. закладів / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. – К. : Либідь, 2004. - 408 с. – ISBN 966-06-0289-8.
44. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] : підруч. / В. Ц. Жидецький ; [М-во освіти і науки України](#). [Наук.-метод. центр вищої освіти](#). [Укр. акад. друкарства](#) ; рец.: Г. Г. Гогіташвілі, І. І. Даценко, Б. С. Штангрет. — 3-тє вид., перероб. і доп. — [Львів](#) : [Укр. акад. друкарства](#), 2006. — 336 с. — Бібліогр.: с. 329–330. — [ISBN 966-8013-11-5](#)
45. Йохна М.А., Стадник В.В. Економіка і організація інноваційної діяльності: Навч. посіб. – К.: Видавничий центр «Академія», 2005. – 400с.

# ДОДАТКИ

## Додаток А

### Програма для дослідження процесу виявлення сигналів

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

% 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', @Cimbala_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @Cimbala_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before Cimbala is made visible.
function Cimbala_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 Cimbala (see VARARGIN)

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

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

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

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = Cimbala_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)
data=get(handles.pushbutton1,'userdata');
dt=1/str2num(get(handles.edit8,'string'));
d=str2num(get(handles.edit9,'string'));
t=(0:(length(data)-1))*dt;
n=normrnd(0,d,length(data),1);
for k=1:length(data)
    ksi(k)=data(k)+n(k);
end;
axes(handles.axes1);
plot(t,data);
axis tight;
grid on;
axes(handles.axes2);
plot(t,ksi);
axis tight;
grid on;

E=0;
for k=1:length(data)
    E=E+data(k)^2;
end;
E=E*dt

D=0;
for k=1:length(data)
    D=D+(ksi(k)-data(k))^2;

```

```

end;
D=D/(length(data)-1);

% Обчислення випадкової величини q
q=0;
for k=1:length(data)
    q=q+data(k)*ksi(k);
end;
q=dt*(2/D)*q;

% Обчислення відношення енергія-дисперсія
SNR=sqrt(2*E/D);
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'));

% Числення порогів
for k=1:3
    u0(k)=SNR*erfc(1-2*pf(k))+E/D;
end;

% Обчислення достовірності
for k=1:3
    pd(k)=0.5*(1-erf(u0(k)/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 q>=u0(1)
    c='Сигнал присутній';
else
    c='Сигнал відсутній';
end;

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

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('c:\Temp\Data\Pd',pd, ' ');
dlmwrite('C:\Temp\Data\SNR',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)
[namefile, namepath] = uigetfile('*.*txt;*.dat;', 'Завантажити сигнал');
if length(namefile)>=1
dir=[namepath namefile];
data=load(dir);
set(handles.pushbutton1,'userdata',data);
end;
dt=1/get(handles.edit1,'value');
t=(0:(length(data)-1))*dt;
axes(handles.axes1);
plot(t,data);
axis tight;
axes(handles.axes2);

```

```
plot(t,data);  
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)
```

## Програма для побудови кривих виявлення сигналів

```

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

% Copyright 2002-2003 The MathWorks, Inc.

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

% Last Modified by GUIDE v2.5 13-Jul-2008 10:11:36

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @PdSNR_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @PdSNR_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

```

```

% --- Executes just before PdSNR is made visible.
function PdSNR_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 PdSNR (see VARARGIN)

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

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

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

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

pd=load('c:\Temp\Data\pd');
SNR=load('C:\Temp\Data\SNR');
axes(handles.axes1);
plot(SNR,pd(:,1));
hold on;
plot(SNR,pd(:,2));
plot(SNR,pd(:,3));
hold off;
axis tight;
grid on;

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function figure1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to figure1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called

```