

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інститут інформатики та радіоелектроніки, факультет радіоелектроніки та телекомунікацій
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи
(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка і дослідження мікропроцесорного
модулю для вейвлет аналізу радіотехнічних
сигналів

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи РТ-218м

Спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
(код і найменування спеціальності)

Освітньої програми Радіотехніка

Шоренко Д.І.
(прізвище та ініціали)

Керівник Поліков М.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Гурманова Н.І.
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інформатики та радіоелектроніки, факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій
 Кафедра Радіотехніки та телекомунікацій
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
 (код і найменування)
 Освітня програма ОПП «Радіотехніка»
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТТк.т.н., доц. Морщавка С.В.« 12 » 12 20 19 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСКУ РОБОТУ СТУДЕНТА (КИ)

Меремет Ярослав Сергійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка і дослідження мікропроцесорного блоку для вейвлет-аналіза радіотехнічних сигналів

керівник роботи Поміков М.О.

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

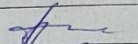
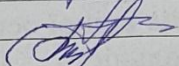
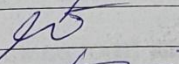
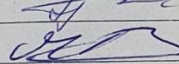
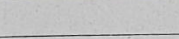
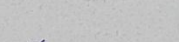
затверджені наказом закладу вищої освіти від « 08 » 11 20 19 року № 3652. Строк подання студентом роботи 10.12.2019 року3. Вихідні дані до роботи Дослідження мікропроцесорного блоку для вейвлет-аналіза радіотехнічних сигналів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз методів обробки радіотехнічних сигналів; 2. Розробка та дослідження мікропроцесорного блоку для вейвлет-аналіза радіотехнічних сигналів; 3. Вибір перетворювача. 4. Розрахунок еквівалентної частоти

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

Презентація, що демонструє принципи дії вейвлет-перетворювачів радіотехнічних сигналів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийм. виконав завдання
1. Розділ	Поліков М. О.		
2. Розділ	Поліков М. О.		
3. Експ. частини	Лівошко Тетяна Володимирівна		
4. Окр. пресу	Лівицьов Ірина Віталіївна		
5. Рук. пресу	Поліков М. О. доц.		
п. л. частини	Мороз І. В.		

7. Дата видачі завдання « 02 » вересня 20 19 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент(ка)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 82 сторінки, 10 рисунків, 13 таблиць, 41 джерело.

Об'єкт дослідження – методи вейвлет аналізу для радіотехнічних сигналів.

Мета роботи – дослідити які існують методи вейвлет аналізу для радіотехнічних сигналів.

Метод дослідження – застосовувались різні види методів вейвлет аналізу.

У першому розділі викладається про аналіз методів обробки радіотехнічних сигналів та які бувають. У другій половині розділу розглянуто властивості та можливості вейвлет-перетворення.

У другому розділі розглядаємо саму розробку та дослідження мікропроцесорного блоку для вейвлет аналізу радіотехнічних сигналів. Також у цьому розділі розглядаються які бувають методи.

В третьому розділі наведено економічну оцінку на затрати виконання дослідження.

Четвертий розділ посвячений питанням охорони праці та безпеки життєдіяльності.

МЕТОДИ, ВЕЙВЛЕТ, АНАЛІЗ, ПЕРЕТВОРЕННЯ, АМПЛІТУДА, СПЕКТР, КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕТВОРЕННЯ, СИГНАЛ, АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНА ХАРАКТЕРИСТИКА, РАДІОЛОКАЦІЙНА СТАНЦІЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБОТКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ.....	11
1.1 Сучасні методи вейвлет-перетворення.....	11
1.1.1 Елементи вейвлет-перетворення.....	11
1.1.2 Властивості і можливості вейвлет-перетворення.....	15
2 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО БЛОКУ ДЛЯ ВЕЙВЛЕТ АНАЛІЗА РАДІОТЕХНІЧНИХ СИГНАЛІВ.....	27
2.1 Проектування візуально-імітаційних додатків для моделювання алгоритмів селекції рухомих цілей існуючих та модернізованих РЛС РТВ за допомогою пакету Simulink.....	27
2.2 Віконні і вейвлет-функції і перетворення	34
2.2.1 Характеристики віконних функцій.....	35
2.2.2 Віконне перетворення Фур'є.....	37
2.2.3 Віконне перетворення Фур'є в MatLab.....	39
2.3 Деякі приклади програмної реалізації.....	40
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	43
3.1 Планування науково-дослідницької роботи.....	43
3.2 Визначення трудомісткості та тривалості НДР.....	43
3.2.1 Складання мережевого графіка.....	47
3.3 Визначення витрат на розробку тривимірному принтера.....	51
3.3.1 Розрахунок заробітної плати.....	51
3.3.2 Визначення витрат на матеріали.....	52
3.3.3 Розрахунок витрат на електроенергію.....	53
3.3.4 Розрахунок вартості спецобладнання.....	54
3.4 Розрахунок планового прибутку	55
3.5 Розрахунок економічної ефективності НДР.....	55

3.6 Висновок.....	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В ПЕРІОД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	58
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	58
4.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки.....	59
4.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	61
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	69
4.5 Заходи щодо забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях.....	71
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	79

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АФ	— атомарні функції
АЧХ	— амплітудно-частотна характеристика
ВП	— вейвлет-перетворення
ВР	— вейвлет-розкладання
ВР	— вейвлет-розкладання ВЧ-високочастотний
ВФ	— вейвлет-фільтр
ЕОМ	— електронно-обчислювальна машина
ІХ	— імпульсна характеристика
КА	— кінцевий автомат
НЧ	— низькочастотний
НШС	— надширокосмугові сигнали
РЛС	— радіолокаційна станція
ЦГЗ	— цифрова обробка сигналів
ЦФ	— цифровий фільтр

ВСТУП

В даний час вейвлет-аналіз застосовують при вирішенні задач розпізнавання образів, при цьому його застосування в більшості випадків набагато ефективніше, ніж використання класичних підходів, таких як аналіз головних компонент. Активний розвиток цифрових систем обробки інформації розвиває питання розробки алгоритмів цифрової обробки сигналів в радіолокаційних станціях, з використанням, в якості основи, сучасних обчислювальних методів.

Успішне втілення перспектив розвитку інфотелекомунікаційних технологій багато в чому базується на досягненнях ЦГЗ, що дозволяє вирішувати завдання формування, прийому, передачі та обробки інформації в реальному масштабі часу, що абсолютно необхідно для цифрових систем зв'язку. Здійснення складних алгоритмів ЦГЗ в реальному часі вимагає застосування ефективних базових алгоритмів (спектрального аналізу, фільтрації і синтезу сигналів), економічно використовують відповідні технічні ресурси. Особливої актуальності серед інших завдань цифрової обробки сигналів при їх передачі по радіоканалах зв'язку набувають методи обробки, а також стиснення і відновлення переданих сигналів з малими спотвореннями.

Вейвлет-аналіз є одним з найбільш потужних і при цьому гнучких засобів дослідження і обробки радіотехнічних сигналів: крім можливостей їх фільтрації і стиснення, аналіз в базисі вейвлет-функцій дозволяє:

- вирішувати задачі ідентифікації, моделювання, апроксимації стаціонарних і нестаціонарних процесів;
- дослідити питання наявності розривів у похідних;
- здійснювати пошук точок з'єднання даних;
- відшукувати ознаки фрактальності інформації.

Перспективність застосування вейвлет-аналізу визначається його багатомасштабного.

На відміну від традиційного застосовуваного при аналізі сигналів перетворення Фур'є, результати, отримані за допомогою вейвлет-аналізу, мають більшу інформативність і здатні безпосередньо обробляти такі особливості сигналів, які при традиційному підході аналізувати важко.

Вейвлет-перетворення привносить в обробку даних додатковий ступінь свободи. Так, наприклад, аналіз Фур'є здатний показати поведінку сигналу в частотній області, залишаючи відкритим питання про локалізацію в часі різних компонент сигналів – шумопоглинання і визначенням параметрів сигналу за результатами спостереження. Найбільш відомі застосування вейвлет аналізу для придушення шуму. Не відкидаючи значущість аналізу Фур'є, вейвлет-методи успішно доповнюють, а іноді здатні і повністю замінити обробку даних традиційними методами.

Локалізаційні властивості вейвлет-аналізу закладені в його структурі. Вейвлет-аналіз має здатність виділяти з сигналу компоненти різного масштабу. Відомо, що в даний час слабо вивчені можливості вейвлет-аналізу в задачі поділу близьких за частотою сигналів, а також частково або майже повністю перекривають один одного. Дана властивість часто використовують для того, щоб розділити вихідні дані на складові (аналогічно тому, що відбувається при фільтрації за допомогою перетворення Фур'є). Позитивні властивості вейвлетів, проявлені в інших завданнях, роблять актуальною проблему пошуку шляхів поділу близьких за частотою сигналів методами вейвлет-аналізу. Впровадження в механізми обробки даних методів вейвлет-аналізу наочно показує їх здатність комплексно підходити до вирішення завдань.

Питаннями передачі і ефективних алгоритмів обробки і стиснення нестационарних сигналів займалися Ж. Морлі, А. Гроссман, І. Добеши, І. Мейер, С. Малла, Г. Лем, Дж. Макклелан, А. Оппенгейм, Л. Рабинер, Р. Хеммінг. Помітний внесок у розвиток вейвлет-аналізу внесли вітчизняні вчені В.П. Воробйов, В.Г. Грібунін, В.В. Ві Тязів, В.П. Дворкович, В.Г. Карташевський, Д.Д. Кловський, Б.Д. Матюшкін, Ю.Б. Зубарев та інші.

Триваюча публікація робіт, присвячених глибокому дослідженню окремих способів скорочення складності алгоритмів вейвлет-аналізу, свідчить про необхідність узагальнюючого підходу в цьому напрямку. Однак розроблені методи мають певні недоліки, тому зберігається потреба до створення нових методів цифрової обробки і стиснення сигналів на основі вейвлет-аналізу.

Вирішення цієї серйозної наукової проблеми визначає актуальність роботи, спрямованої на розробку нових методів і алгоритмів вейвлетного обробки сигналів в системах передачі інформації, що дозволить істотно підвищити швидкість, пропускну здатність і вірність передачі інформації і більш ефективно використовувати канали зв'язку різного призначення в інтересах усіх галузей економіки країни.

В роботі запропонована комп'ютерна технологія вейвлет-перетворення, адаптована до специфіки та особливостей переданої по каналах зв'язку інформації. Зміст роботи носить прикладну спрямованість, тому отримані теоретичні результати слугують досягненню цілей, пов'язаних з розробкою конкретних алгоритмів і схем компресії і декомпресії радіотехнічних сигналів. Застосування отриманих алгоритмів обробки сигналів можливо для широкого класу систем передачі інформації, перш за все, в мультимедійних та мережевих комп'ютерних додатках.

Програмні реалізації запропонованих методів і розробити конструкцію лані алгоритми, що володіють високими характеристиками по швидкості, якості обробки і стиснення даних, дозволяють автоматизувати процеси обробки радіотехнічних сигналів і розширюють можливості подальших досліджень.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБОТКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

1.1 Сучасні методи

1.1.1 Елементи вейвлет-перетворення

Вейвлет-аналіз являє собою особливий тип лінійного перетворення сигналів та відображаються цими сигналами фізичних даних про процеси і фізичні властивості природних середовищ і об'єктів. Базис власних функцій, за яким проводиться вейвлет-розкладання сигналів, володіє багатьма специфічними властивостями і можливостями. Вейвлет-функції базису дозволяють сконцентрувати увагу на тих чи інших локальних особливостях аналізованих процесів, які не можуть бути виявлені за допомогою традиційних перетворень Фур'є і Лапласа.

Теорія вейвлетів не є фундаментальною фізичною теорією, але є зручним і ефективним інструментом для вирішення багатьох практичних завдань. Основна область застосування вейвлет-перетворень - аналіз і обробка сигналів і функцій, нестационарних в часі або неоднорідних в просторі, коли результати аналізу повинні містити не тільки загальну частотну характеристику сигналу (розподіл енергії сигналу по частотним складовим), але і відомості про певні локальні координатах, на яких виявляються ті чи інші групи частотних складових, або на яких відбуваються швидкі зміни частотних складових сигналу. У порівнянні з розкладанням сигналів на ряди Фур'є, вейвлети здатні з набагато більш високою точністю представляти локальні особливості сигналів, аж до розривів першого роду (стрибків). На відміну від перетворень Фур'є, вейвлет-перетворення одновимірних сигналів забезпечує двовірну розгортку, при цьому частота і координата розглядаються як незалежні змінні, що дає можливість аналізу сигналів відразу в двох просторах.

Одна з головних і особливо плідних ідей вейвлет-вистави радіотехнічних сигналів на різних рівнях декомпозиції (розкладання) полягає в поділі функцій наближення до сигналу на дві групи: аппроксимирующую - грубу, з досить повільної тимчасової динамікою змін, і деталізує - з локальної та швидкою динамікою змін на тлі плавного динаміки, з подальшим їх дробленням і деталізацією на інших рівнях декомпозиції сигналів, що можливо як в тимчасовій, так і в частотній областях уявлення радіотехнічних сигналів вейвлетами.

У зв'язку з активним розвитком цифрових систем обробки інформації останнім часом стали актуальними питання розробки алгоритмів ЦОС в РЛС, засновані на сучасних обчислювальних методах, одним з яких є вейвлет-аналіз. Властивості вейвлет-функцій багато в чому схожі з властивостями Сніп сигналів і відповідно широко застосовуються в методах виявлення короткочасних знакозмінних і НШС процесів в різних радіофізичних додатках.

Крім відомих вейвлет-систем (І. Добеши, І. Мейєра, Стронберга-Лемар-Бетлі, Хаара, β -сплайни Шенберга і ін.), в даній роботі наводиться побудова та обґрунтування нового класу WA-систем функцій Кравченко-Рвачева на основі атомарних функцій (АФ). Показано, що новий клас вейвлетов Кравченко-Рвачева представляють собою СШП сигнали, тому розкладання СШП сигналів по цим вейвлет є природним і обґрунтованим. Вейвлет-спектр СШП сигналів, перетворений на основі вейвлетів Кравченко-Рвачева має хорошу локалізованість з огляду на схожість фізичних параметрів, досліджуваних Сніп сигналів з базисними функціями вейвлет-перетворення.

Новий клас вейвлет-функцій може використовуватися не тільки в задачах виявлення сигналів на тлі слабо корелюється перешкод, визначення місця розташування джерела Сніп сигналу, вимірювання інформаційних параметрів Сніп сигналів, але і в крайових задачах математичної фізики при вирішенні інтегральних рівнянь першого або другого роду. Становлення вейвлет-аналізу, як виділеної окремої науки в кінці 80-х рр. минулого

століття, є потужним засобом аналізу різних фізичних процесів. Перш за все, це стосується аналізу сигналів (процесів), спектральний склад яких змінюється з часом. Найбільш ефективним в цьому випадку є використання вейвлет аналізу, заснованого на комплексних вейвлет, що дозволяють виділити інформацію про амплітуду і фазі досліджуваних сигналів. При цьому ефективність такого аналізу залежить від властивостей використовуваного «материнського» вейвлета. У зв'язку з цим виникає завдання розробки комплексних вейвлетів, що володіють корисними із точки зору фізичних додатків властивостями.

Особливий інтерес представляє розробка сімейств вейвлетів, параметри яких, наприклад, частотно-тимчасовий дозвіл «материнського» вейвлета, можна варіювати. З іншого боку, останнім часом намітилася тенденція зближення (комбінування) математичних апаратів апроксимації (наприклад, сплайн-вейвлети).

В рамках даного процесу безсумнівний інтерес представляє інтеграція вейвлетів з АФ, які запропоновані і обгрунтовані на багато років раніше появи вейвлетів І. Добеши (I. Daubechies). В даний час ведеться робота по ефективному поєднанню цих двох апаратів. Основні результати в даній області представлені, де викладено підхід, який вперше дозволив провести побудову вейвлетів на основі АФ. Розглянуто та обгрунтовано нові конструкції комплексних вейвлетів, засновані на сімействі АФ, що мають такі корисні властивості: «нульового середнього», можливістю варіювання частотно-тимчасового дозволу при зміні порядку вейвлета, компактністю носія та ін. Отримані вейвлети і їх Фур'є-образи визначаються аналітичними співвідношеннями. Досліджено основні властивості комплексних вейвлетів Кравченко-Рвачева. Встановлено, що ці властивості (гладкість, компактність, розмір носія та ін.) Комплексні вейвлети успадковують від сімейства АФ, на основі яких проводиться їх побудова. Останнім часом дослідження в області АФ ведуться за багатьма науковими напрямками.

За своєю суттю вейвлет-перетворення об'єднує два види перетворень – пряме і зворотне, які, відповідно, переводять досліджувану функцію $f(x)$ в набір вейвлет-коефіцієнтів $W_\psi(a, b)f$ і назад. Розрізняють поняття безперервного і дискретного вейвлет – перетворення, в подальшому розглянемо безперервне вейвлет-перетворення.

Пряме вейвлет-перетворення здійснюється згідно з правилом

$$W_\psi = \frac{1}{\sqrt{C_\psi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx. \quad (1.1)$$

де a і b – параметри, що визначають відповідно масштаб і зміщення функції $f(x)$, званої аналізують вейвлетом;

C_ψ – нормувальний множник. Інтегрування ведуть по всій числовій осі.

Базисний, або «материнський» вейвлет ψ утворюється за допомогою розтягувань і зрушень сімейства $\psi((x - b/a))$.

Маючи відомий набір коефіцієнтів $W_\psi(a, b)f$ можна відновити початковий вигляд функції $f(x)$:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{C_\psi}} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) [W_\psi(a, b)f] \frac{da db}{a^2}. \quad (1.2)$$

Пряме (1.1) і зворотне (1.2) перетворення залежать від деякої функції $\psi(x) \in L^2(R)$, яку називають базисним вейвлетом. Практично єдиним на його вибір обмеженням є умова кінцівки нормувального множника

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega = 2 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\psi(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty \quad (1.3)$$

де $\psi(\omega)$ – Фур'є-образ вейвлета $\psi(x)$;

$$\psi(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) e^{-j\omega x} dx.$$

Умові задовольняє безліч функцій, тому віз можна підібрати вид вейвлета, найбільш підходящий для вирішення конкретного завдання.

Умова (1.3) означає, що Фур'є – образ вейвлета дорівнює нулю при нульовій частоті, тобто $\psi(\omega)|_{\omega=0} = 0$. Якщо це не так, то знаменник дробу в інтегралі (1.3) наближається до нуля, в той час як чисельник має відмінне від нуля значення, і коефіцієнт $C\psi$ перестає бути кінцевим.

У свою чергу, це вимога можна уявити в іншому вигляді. Оскільки Фур'є - образ вейвлета. $\psi(\omega)$ при нульовій частоті має вигляд:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) dx,$$

можна вимагати рівність нулю інтеграла від вейвлета по всій осі:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) dx = 0 \quad (1.4)$$

Сучасна теорія вейвлет-аналізу в значній мірі розроблена І. Добеши, дану роботу можна розглядати як огляд для початкового вивчення вейвлетів.

1.1.2 Властивості і можливості вейвлет-перетворення

Одномірне перетворення Фур'є дає одновимірну інформацію про відносне внесок (амплітудах) різних часових масштабів (частот). Результатом вейвлет-перетворення одновимірного ряду є двовірний масив амплітуд вейвлет-перетворено – значний коефіцієнтів $W(a, b)$. Розподіл цих значень в просторі (a, b) (тимчасової масштаб, тимчасова локалізація) дає інформацію

про еволюцію відносного внеску компонент різного масштабу в часі і називається спектром коефіцієнтів вейвлет-перетворення, (частотно) масштабно-тимчасовим спектром або вейвлет-спектром (time – scale spectrum, або wavelet spectrum на відміну від single spectrum перетворення Фур'є).

Коефіцієнти вейвлет-перетворення містять комбіновану інформацію про аналізующем вейвлет і уже згадуваному сигналі. Незважаючи на це, вейвлет-аналіз дозволяє отримати і об'єктивну інформацію про аналізованому сигналі, так як деякі властивості вейвлет-перетворення не залежать від вибору, який аналізує вейвлета. Незалежність від аналізатора робить ці прості властивості перетворення дуже важливими. Основні елементарні властивості вейвлет-перетворення функції $f(t)$ (позначимо $W[f] = W(a, b)$)

Лінійність:

$$W[\alpha f_1(t) + \beta f_2(y)] = \alpha W[f_1] + \beta W[f_2] = \alpha W_1(a, b) + \beta W_2(a, b). \quad (1.5)$$

Звідси, зокрема, впливає, що вейвлет-перетворення векторної функції є вектор з компонентами, що представляють собою вейвлет-перетворення кожної з компонент аналізованого вектора окремо.

Інваріантність щодо зсуву:

$$W[f(t - b_0)] = W(a, b - b_0). \quad (1.6)$$

Властивість (1.6) визначає коммутативність диференціювання, зокрема, $\partial_t W[f] = W(\partial_t f)$ (тут $\partial_t = \partial/\partial t$). Разом з властивістю лінійності це означає перестановочність і для похідних векторного аналізу.

Інваріантність щодо розтягування (стиснення):

$$W\left[f\left(\frac{t}{a_0}\right)\right] = \frac{1}{a_0} W\left(\frac{a}{a_0}, \frac{b}{a_0}\right). \quad (1.7)$$

Властивість (1.7) дозволяє, зокрема, визначати наявність і характер особливостей аналізованої функції.

Крім трьох виписаних не залежать від вибору, який аналізує вейвлета елементарних властивостей, вейвлет-перетворення має ще кілька. Найбільш важливими і корисними з них є наступні:

Диференціювання:

$$W[\partial_t^m f] = (-1)^m \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \partial_t^m [(\psi_{ab}^*(t))] dt. \quad (1.8)$$

Щоб проігнорувати, наприклад, великомасштабні поліноміальні складові і проаналізувати особливості високого порядку або дрібномасштабні варіації функції f байдуже, диференціювати чи потрібне число раз аналізує вейвлет або саму функцію. Дана властивість корисно якщо врахувати, що часто функція f є ряд чисел, а аналізує вейвлет заданий формулою.

Розглядаючи матеріали роботи слід зазначити, що для вейвлет-перетворення існує аналог теореми Парсеваля в якій виконується рівність

$$\int_{-\infty}^{\infty} f_1(t) f_2^* dt = C_{\psi}^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W_1(a, b) W_2^*(a, b) \frac{da db}{a^2}. \quad (1.9)$$

Вираз (1.9) визначає, що енергія сигналу може бути обчислена через амплітуди (коефіцієнти) вейвлет-перетворення подібно до того, як вона обчислюється через амплітуди перетворення Фур'є:

$$E_f = \int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} |A(\omega) + iB(\omega)|^2. \quad (1.10)$$

Визначення та властивості одновимірного безперервного вейвлет перетворення узагальнюються на багатовимірний і на дискретний випадки. Кожен з них має свої особливості, які в даній роботі не уточнюються, так як в подальшому дослідженні знадобиться тільки безперервне вейвлет-перетворення одновимірних функцій.

Розглянемо деякі можливості вейвлет-аналізу. Маючи вейвлет-спектри, можна обчислити корисні властивості досліджуваного процесу і проаналізувати багато його властивості. Розглянемо деякі сліdstва властивості масштабної інваріантності (1.7) представлені в роботі.

Якщо $f \in C^m(t_0)$, тобто анализируемая функція в точці t_0 неперервно диференційовна аж до похідної порядку m , то коєфіцієнти її вейвлет-перетворення при $b = t_0$ повинні підкорятися нерівності $W(a, t_0) \leq a^{m+3/2}$ при $a \rightarrow 0$.

Якщо $f \in A^\alpha(t_0)$, тобто анализируемая функція належить простору холдеровських функцій з показником α , тобто f неперервна, не обов'язково диференційована в t_0 , але така, що $f(t + t_0) - f(t) = c|t_0|^\alpha$ ($\alpha < 1$, $c = \text{const} > 0$) то коєфіцієнти її вейвлет-перетворення при $b = t_0$ повинні підкорятися співвідношенню $W(a, t_0) \cong ca^{\alpha+1/2}$ при $a \rightarrow 0$.

Вейвлет-перетворення влаштовано так, що $W(a, t)$ - регулярна функція навіть при нерегулярній $f(t)$. Вся інформація про можливі особливості $f(t)$ (локалізація t_0 , інтенсивність c , показник α) укладена в асимптотичну поведінку коєфіцієнтів $W(a, t_0)$ при малих a . Якщо коєфіцієнти на малих масштабах розходяться, то f має особливість в t_0 і показник сингулярності α визначається нахилом залежності $\log |W(a, t_0)|$ до $\log a$. Якщо вони, навпаки, близькі до нуля в околиці t_0 на малих масштабах, то f в точці t_0 регулярна.

Описане властивість часто використовується при аналізі фрактальних і мультифрактального сигналів, описаних в роботах. Типовою властивістю фрактальних множин є їх асимптотическое самоподобие. Так, розглядаючи f поблизу точки t_0 з різним збільшенням, на різних масштабах видно практично її ж:

$$f(\lambda t + \lambda t_0) \cong \lambda^{\alpha(t_0)}[f]t + t_0 - f(t) \quad (1.11)$$

Базис перетворення самоподобен і відповідно легко показати, що і коефіцієнти перетворення масштабуються з тим же показником, що і аналізована функція:

$$W(\lambda a, t_0 + \lambda b) \cong \lambda^{\alpha(t_0)} W(a, t_0) \quad (1.12)$$

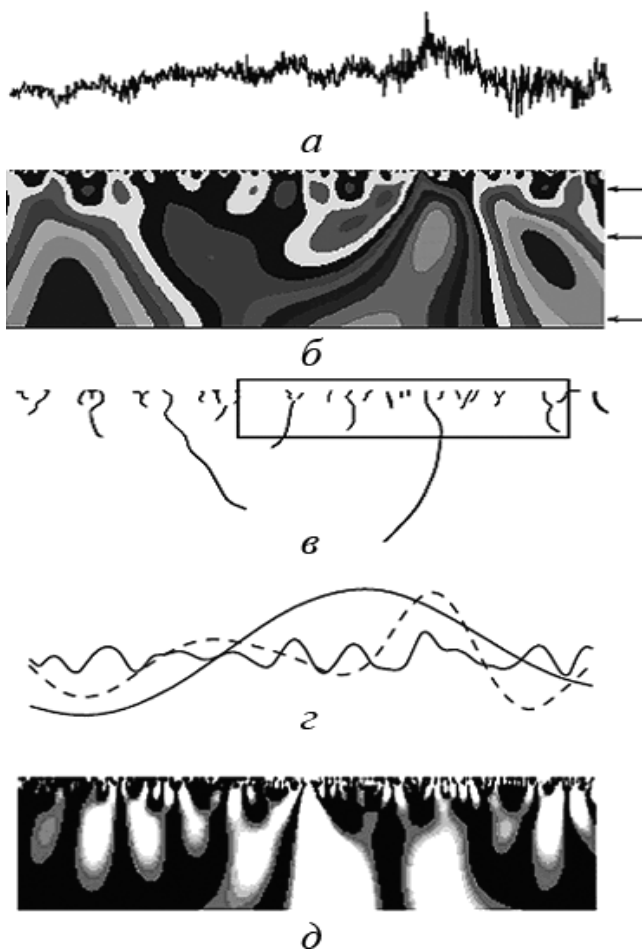
Вираз (1.12) описує скейлінговий показник $\alpha(t_0)$, який тісно пов'язаний з фрактальної розмірністю безлічі. Аналіз мультифрактального безлічі дозволяє визначити спектр показників і спектр розмірностей.

Слід зазначити, що аналіз локальної регулярності в деякому сенсі універсальний – він не залежить від вибору аналізує вейвлета.

Розглянемо деякі слідства рівності (1.9), представлені в роботах. З існування аналога рівності Парсеваля для вейвлет-перетворення слід, що в просторі дійсних функцій повна енергія сигналу f може бути записана через амплітуди вейвлет-перетворення у вигляді:

$$E_f = \int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) dt = C_{\varphi}^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} W^2(a, b) \frac{da db}{a^2} \quad (1.13)$$

Щільність енергії сигналу $E_w(a, b) = W^2(a, b)$ характеризує енергетичні рівні (рівні збудження) досліджуваного сигналу $f(t)$ в просторі (a, b) (масштаб, час).



а – аналізований сигнал, б – картина коефіцієнтів $W(a, b)$, в – картина ліній локальних екстремумів, г – залежність коефіцієнтів від часу при значеннях масштабу, зазначених стрілками на б, д – розподіл щільності енергії $E_w(a, b)$, для фрагмента, взятого в рамку на в

Рисунок 1.1 – Приклад вейвлет-перетворення реального сигналу – потоку іонів сонячного вітру

Вейвлет-перетворення реального сигналу – потоку іонів сонячного вітру, без уточнення фізичної інтерпретації, наведено на рис.1.1. Представлені результати вейвлет-перетворення часового ряду потоку іонів сонячного вітру (дані отримані за допомогою приладу МОНИТОР на супутнику Прогноз-8; результати їх аналізу частково опубліковані в роботі). В обчисленнях використовувався МНАТ – вейвлет (або "Мексиканська капелюх" – Mexicanhat – форма сигналу схожа на сомбреро, має вузький енергетичний спектр і два рівних нулю моменту – нульовий і перший).

На рис.1.1 (а-в) показаний аналізований ряд, картина значень коефіцієнтів вейвлет-перетворення і скелетон в проекціях на площину ab (тимчасової масштаб, час); по осі абсцис відкладено час (або параметр зсуву), по осі ординат – часовий масштаб.

На рис. 1.1 (б) темні області відповідають позитивним, а світлі – від'ємних показників $W(a, b)$, відтінками сірого кольору в кожній з областей виділені діапазони значень $W(a, b)$. Ясно, що значення амплітуди вейвлет-перетворення в точці (a_0, b_0) тим більше (за абсолютною величиною), ніж сильніше кореляція між вейвлетом даного масштабу і поведінкою сигналу в околиці $t = b_0$. Картина коефіцієнтів демонструє, що процес складають компоненти різних масштабів: екстремуми $W(a, b)$ спостерігаються на різних масштабах, інтенсивність їх змінюється і з часом і масштабом.

На рис.1.1 (в) показана відповідна картина ліній локальних екстремумів – ліній, від масштабу до масштабу з'єднують екстремуми кожної деталі поверхні ("пагорба" або "западини") окремо.

Багато дослідників вважають, що скелетон не тільки чітко і без зайвих деталей візуалізує структуру аналізованого процесу, але *de facto* містить всю інформацію про нього. Суцільні лінії на малюнку відзначають положення локальних максимумів $W(a, b)$, точкові – мінімумів.

На рис.1.1 (д) представлена картина розподілу щільності енергії, отримана для частини ряду потоку іонів сонячного вітру.

На картині найбільш світлі місця відповідають найбільшим значенням $E_w(a, b)$, згущення кольору до чорного відповідає зменшенню $E_w(a, b)$ до нуля. Щоб краще було видно деталі, розподіл щільності енергії показано для частини ряду і для верхньої третини діапазону масштабів (відповідний фрагмент виділений рамкою на рис.1.1 (в)).

Показаний фрагмент демонструє, що енергія нерівномірно розподілена по масштабам. Обидві картини демонструють нестационарну структуру аналізованого процесу з елементами квазіперіодичності, еволюціонують частотами і діапазонами локальних періодичностей на різних масштабах.

Локальний спектр енергії.

Однією з основних особливостей вейвлет-перетворення є можливість отримувати локалізовані характеристики і вивчати локальні властивості процесів. Як ні парадоксально звучать слова «локальний енергетичний спектр», природа вейвлет перетворення така, що термін має право на існування.

Знаючи щільність енергії $E_w(a, b)$, можна за допомогою вікна виділити локальну щільність енергії в точці b_0 (або t_0):

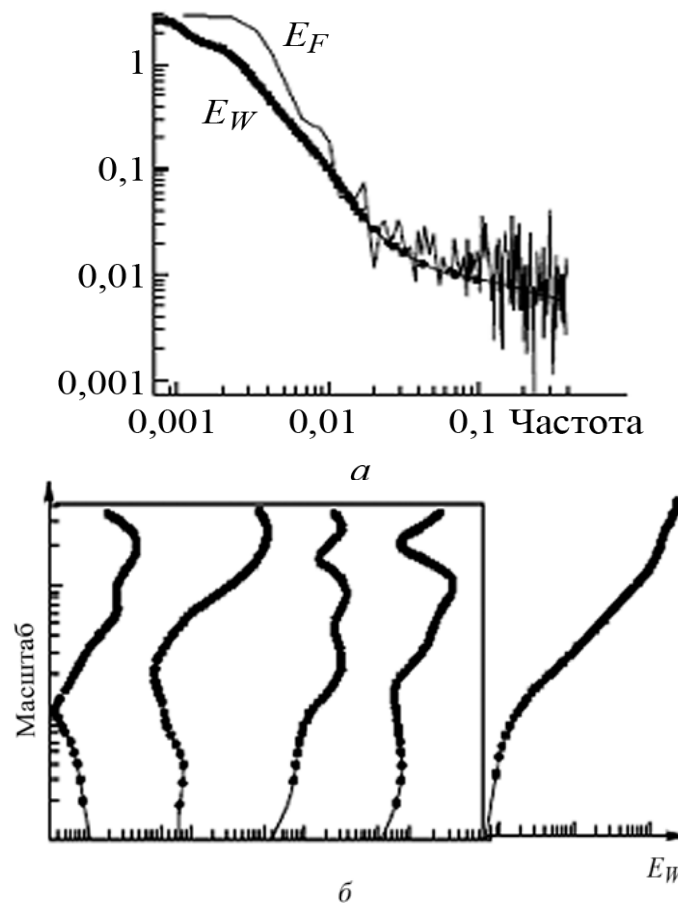
$$E_\xi(a, t_0) = \int_{-\infty}^{\infty} E_w(a, b) \xi\left(\frac{b-t_0}{a}\right) db \quad (1.14)$$

Вираз (1.14) називають *скалограммой* (*scalogram*) або *дисперсією* (*variance*) вейвлет-перетворення.

На рис.1.2 наочно представлені енергетичні спектри потоку іонів сонячного вітру, тут спектр потужності $E_F(\omega)$ потоку іонів сонячного вітру (рис. 1.2, а) і скалограмма E_W – глобальний спектр енергії коефіцієнтів вейвлет-перетворення того ж сигналу. Спектри досить добре узгоджуються, але спектр, обчислений за коефіцієнтами вейвлет-перетворення – більш гладка крива. Причина полягає в тому, що вейвлет-спектр енергії сигналу E_w відповідає згладженому спектру потужності E_F . Це можна показати, висловивши спектр енергії $E_W(a)$ через спектр енергії сигналу в просторі Фур'є $E_F(\omega) = |f(\omega)|^2$:

$$E_W(a) = \int_{-\infty}^{\infty} E_F(\omega) |\psi(a\omega)|^2 d\omega \quad (1.15)$$

Слід зазначити, що скалограмма E_W відповідає спектру потужності E_F , згладженому на кожному масштабі спектром Фур'є, аналізує вейвлета.



а – спектр потужності E_F і скалограма E_W в залежності від частоти,
 б – скалограмми для чотирьох тимчасових діапазонів
 (графіки дані в подвійному логарифмічному масштабі)

Рисунок 1.2 – Енергетичні спектри потоку іонів сонячного вітру

Вейвлет-перетворення, яке надає нам як би тимчасову розгортку спектру, дозволяє отримати і більш локалізовану енергетичну інформацію. На рис. 1.2, б представлені чотири скалограмми $E_F(a)$, отримані сверткою не по всій довжині ряду (рис. 1.1, а), а окремо для кожної четвертої його частини. На тому ж малюнку для порівняння наведено глобальний спектр (на рис. 1.2, а показана залежність від частоти, на рис.1.2, б показана залежність від масштабу, який росте вгору). Скалограмми, отримані за діапазонами, дозволяють простежити еволюцію розподілу енергії за масштабами.

Енергія сигналу визначається через спектр енергії рівністю

$$E_f = C_\psi^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} E_W(a) \frac{da}{a^2}. \quad (1.16)$$

Таким чином, величина E_f пропорційна площі під кривою $E_W(a)/a^2$, а скалограмма відображає відносний внесок різних масштабів в повну енергію і виявляє розподіл енергії процесу за масштабами.

Анализируемая функція має кінцеву енергію, а аналізує вейвлет – нульове середнє значення, внаслідок чого спектр енергії $E_W(a)$ повинен прагнути до нуля на обох кінцях шкали масштабів і повинен мати, по крайній мере, один максимум. Положення подібних максимумів (піків) спектра Фур'є $E_F(\omega)$ звично пов'язується з частотами і відповідними характерними модами аналізованого сигналу, що несуть в собі основну енергію процесу. Максимуми енергетичного спектра $E_W(a)$ інтерпретуються аналогічно – вони визначають масштаби процесу, вносять основний вклад в повну енергію E_f .

На простому прикладі продемонстровано зв'язок між виявленими в результаті вейвлет-перетворення масштабом і характерним масштабом, отриманим з спектра Фур'є. Нехай $f(t) = \sin(\omega_0 t) - \frac{2\pi t}{T_0}$ – синусоїда; її вейвлет-перетворення, записане через образи Фур'є, є:

$$W(a, b) = \frac{i}{2} [\exp(i\omega_0 b) \psi(a\omega_0) + \exp(-i\omega_0 b) \psi(-a\omega_0)], \quad (1.17)$$

де спектр – $E_W(a) = |\psi(a\omega_0)|^2$.

Необхідною і достатньою умовою наявності піку на масштабі $a = a_0$ є рівність нулю похідної $d\psi(a\omega_0)/da$ при $a = a_0$.

Умова виконується при $a_0\omega_0 = \omega_\psi$, де ω_ψ – залежить від вейвлета ψ константа з розмірністю частоти. Для багатьох вейвлетів констант ω_ψ обчислюється аналітично, так, для HAAR- і МНАТ-вейвлетів вона дорівнює 1,484 і $\sqrt{2}$ відповідно.

На практиці, якщо скалограмма $E_W(a)$ має пік $a = a_0$, характерний часовий масштаб визначається як $d = T_0/2 = a_0\pi/\omega_\psi$. У вираженні (1.18) множник 1/2 з'являється через те, що визначається не період, а масштаб

елементарного події – деталі. У цьому сенсі синус, наприклад, має дві елементарні деталі на періоді. Константа ω_ψ отримана для простої функції. Поширюючи результат на довільний сигнал, навіть негармоніческое, припускаючи, що положення максимуму спектра $E_W(a)$ (тобто виявлений масштаб) можна інтерпретувати як середню тривалість елементарного події (подій), що вносить основний вклад в енергію аналізованого процесу. Цей факт перевірений на багатьох відомих сигналах з різними вейвлетами і визнаний дуже хорошим наближенням.

Наведемо характеристики, які визначаються через щільність енергії-міру локальної перемежаемости і міру контрастності аналізованого сигналу.

Міра локальної перемежаемости:

$$I_W(a, t) = (E_W(a, t)) / (< E_W(a, t) >)$$

дозволяє визначати міру локальних відхилень від середнього поля спектрів на кожному масштабі; ступінь нерівномірності розподілу енергії за масштабами (кутовими дужками позначено усереднення). Тут рівність $I_W(a, t) = 1$ при всіх a і t означає, що енергія розподілена рівномірно і всі локальні спектри енергії однакові; $I_W(a, t_0) = \alpha$ при всіх a і t означає, що внесок компоненти масштабу a в точці t_0 в α разів перевершує усереднений по всьому t .

Міра контрастності:

$$C_W(a, t) = \frac{E_W(a, t)}{E'_W(a, t)}$$

$$E'_W(a, t) = \int_{a'=0}^{a'=a} E_W(a', T) da'$$

дозволяє визначати навіть малі зміни в сигналі, коли необхідно, наприклад, виявити структурованість слабого сигналу або слабкі варіації на тлі великої структури (вбудовані структури).

2 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕРНОГО БЛОКУ ДЛЯ ВЕЙВЛЕТ АНАЛІЗА РАДІОТЕХНІЧНИХ СИГНАЛІВ

2.1 Проектування візуально-імітаційних додатків для моделювання алгоритмів селекції рухомих цілей існуючих та модернізованих рлс ртв за допомогою пакету Simulink

В системі візуально-імітаційного моделювання Simulink принципово змінений характер вимог до математичного забезпечення та для управління всім ходом процесу створення імітаційної моделі.

Представлення у вигляді структурної схеми об'єкта моделювання не потребує написання коду програми. Програмування практично зведено до мінімуму у зв'язку з наявністю в даному пакеті розширення бібліотек готових програм, які можна досить вдало використовувати для побудови візуально-імітаційних моделей.

Процес проектування візуально-імітаційного додатку необхідно розпочинати зі структурного та функціонального аналізу об'єкта моделювання.

В основі структурного аналізу об'єкта моделювання завжди лежить аналіз його структурної схеми. Структурна схема описує математичну модель, де функціональні елементи та їх взаємозв'язки повністю визначені. Аналіз необхідно проводити з використанням технічної документації, що розкриває структуру підсистеми та її складових частин (елементів). В основі функціонального аналізу об'єкта моделювання завжди лежить аналіз його алгоритму роботи.

Так, наприклад, для простого режекторного фільтру СРЦ існуючих РЛС П-18 та 5Н84А – алгоритм роботи пристроїв однократної та двократної через-періодної компенсації (ЧПК-1 та ЧПК-2) описується аналітично виразами:

$$y[kT_{\Pi}] = x[kT_{\Pi}] - x[(k-1)T_{\Pi}],$$

$$y[kT_{\Pi}] = x[kT_{\Pi}] - 2x[(k-1)T_{\Pi}] + x[(k-2)T_{\Pi}],$$

де $x[kT_{\Pi}]$, $y[kT_{\Pi}]$ – вхідний та вихідний сигнали фільтру в моменти часу $t = kT_{\Pi}$.

Simulink-модель буде мати вигляд на рис. 2.1 (два вікна моделі ліворуч).

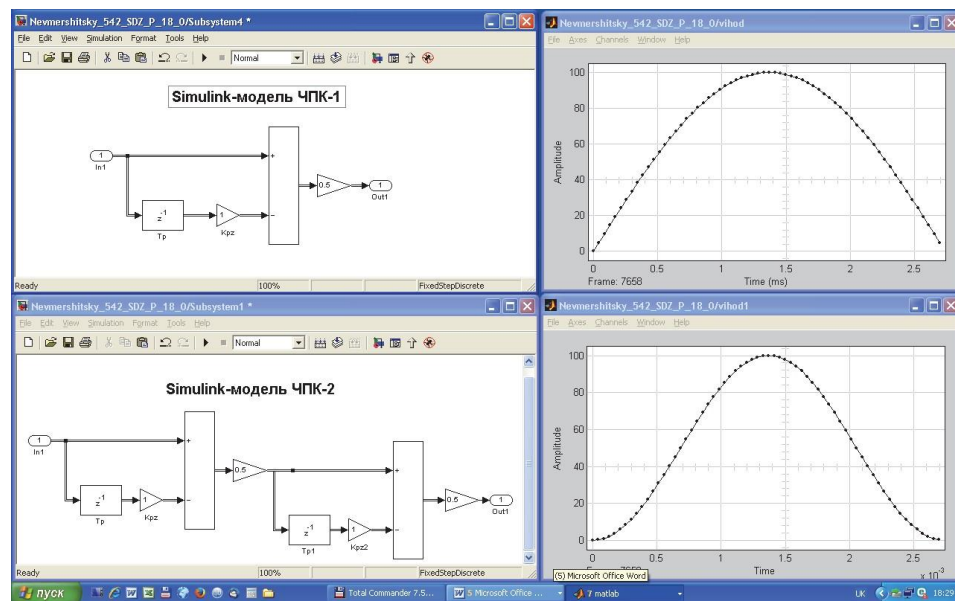


Рисунок 2.1– Проектування режекторних фільтрів

Отримати АЧХ таких фільтрів не складно. Необхідно подати на вхід кожного фільтру дельта – функцію. На рис. 2.1 показані АЧХ фільтрів ЧПК-1 та ЧПК-2 відповідно (два вікна моделі праворуч).

На рис. 2.2 показано процес проектування нерекурсивного цифрового фільтру високих частот (НЦФВЧ), який використовується в СРЦ модернізованої РЛС П-18 «Малахит» у якості компенсуючого пристрою пасивних перешкод. Для проектування такого фільтру в Simulink застосовується програма FDATool.

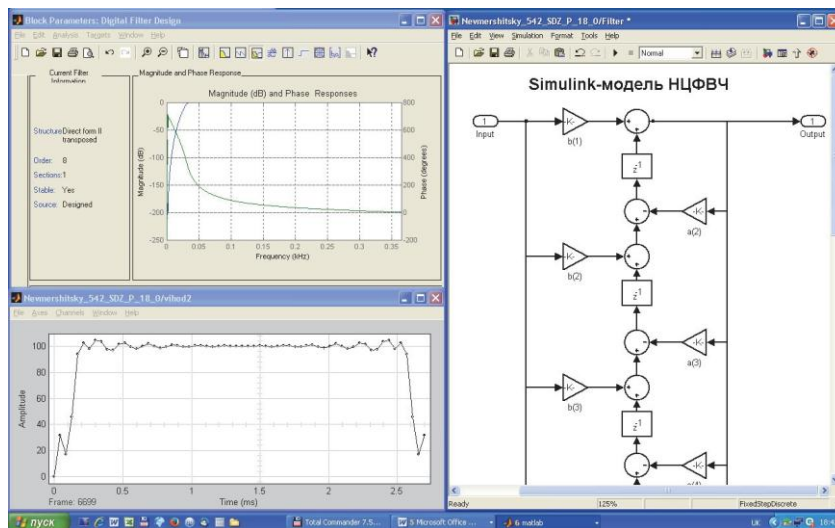


Рисунок 2.2 – Проектування цифрового фільтру

Для синтезу цифрового фільтру необхідно було вибрати спочатку його тип (КІХ-фільтр), після цього задавались вхідні параметри. В нашому випадку фільтр високих частот (Highpass), частоту дискретизації та граничні частоти смуг пропускання необхідно було задати в групі Frequency Specifications (вимоги до частот). Після задавання параметрів фільтру відбувається його синтез програмою FDATool. Результати синтезу цифрового фільтру можемо спостерігати у вікні самої програми (рис. 2), а також за необхідності можемо здійснити реалізацію алгоритму роботи фільтру у вигляді структурної схеми, яка складається з базових елементів: затримки, суми, різниці та коефіцієнтів фільтру. Як правило структурна схема відповідає програмній реалізації фільтру та наочно відображає його алгоритм роботи.

Структурний аналіз схем СРЦ існуючих РЛС 19Ж6 (35Д6) показав, що ці схеми мають у своєму складі два аналого-цифрових перетворювачі (АЦП) і спецобчислювач, що здійснює когерентне накопичення пачок імпульсів відбитих сигналів з метою поділу по фазовим фільтрам корисних сигналів і сигналів пасивних перешкод.

При побудові візуально-імітаційної моделі таких систем СРЦ можливо використання двох алгоритмів: дискретного перетворення Фур'є (ДПФ) або

перетворення Хартлі (ДПХ).

Для прикладу, на рис. 2.3 наведена схема СРЦ, що реалізує ДПХ. Як видно з рис. 2.3, дискретне перетворення Хартлі здійснюється над двома квадратурними складовими вхідного сигналу, що є дійсною функцією S_i , ($S_i = X_{ci} + j Y_{si}$, $i=1 \dots N$), де X_{ci} і Y_{si} – косинусна і синусна складові прийнятого коливання S_i .

На рис. 2.4; 2.5 показано Simulink-додатки системи СРЦ, які працюють за алгоритмами ДПХ та ДПФ відповідно. Як видно з рис. 2.4; 2.5, дані візуально- імітаційні додатки повністю реалізовані з використанням блоків Math Operations бібліотеки Simulink та блоків Matrix Operations бібліотеки DSP Blockset.

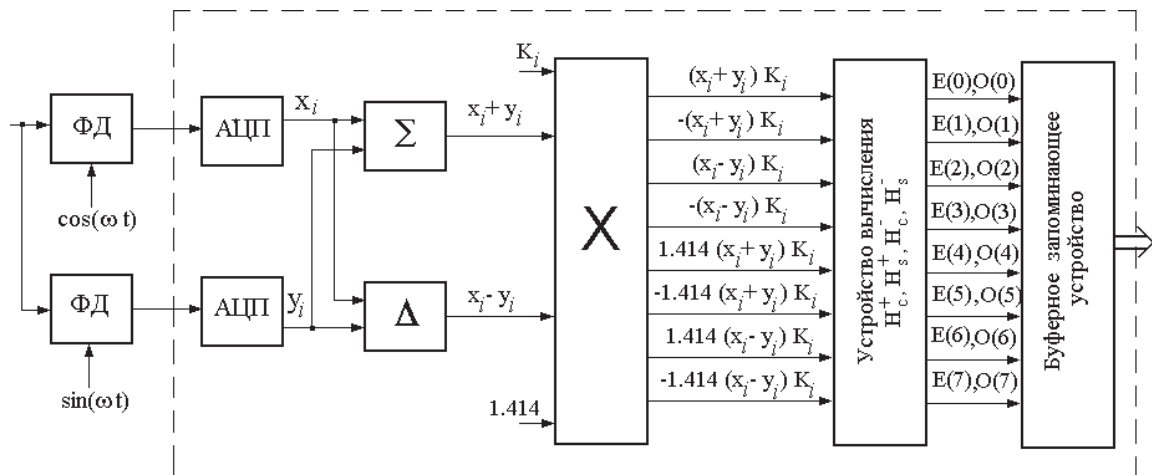


Рисунок 2.3 – Структурна схема СРЦ, що реалізує алгоритм ДПХ

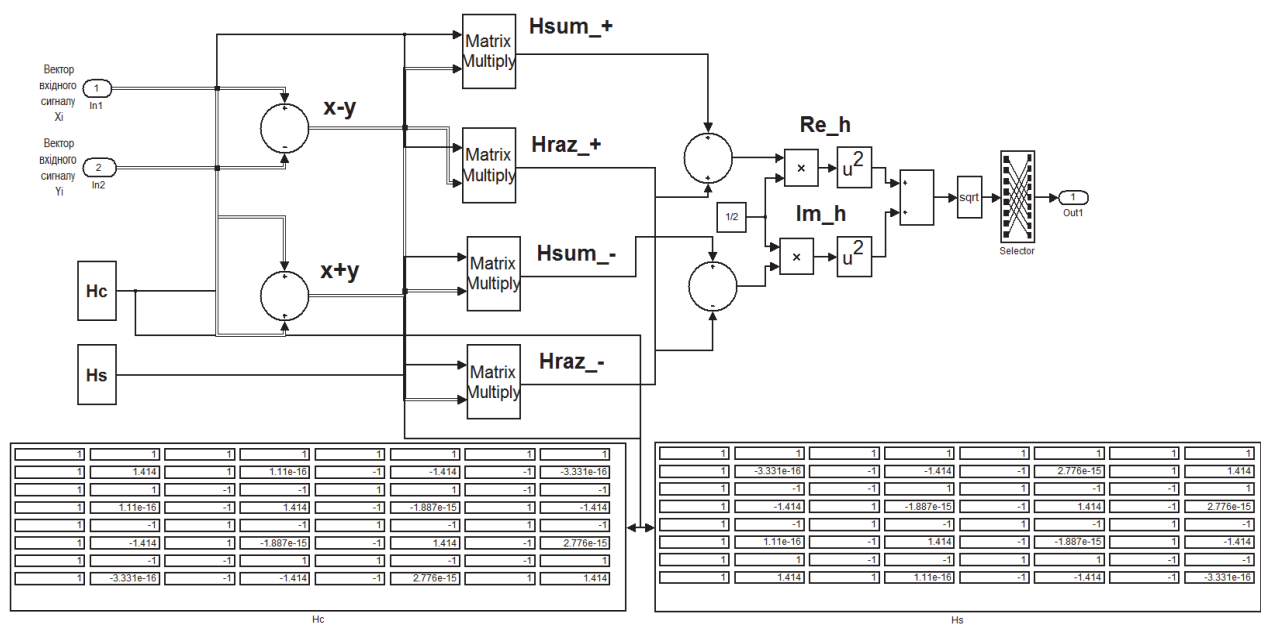


Рисунок 2.4 – Simulink-додаток алгоритму CPIC,
що реалізує перетворення Хартлі

Для підтвердження правильності функціонування даних Simulink-додатків було виконано імітаційне моделювання. З цією метою на вхід системи визначення ДПХ та ДПФ подавалися дискретні значення двох квадратурних складових таких сигналів: луна-сигналів від цілей (з блоку “Параметри цілі”); луна-сигналів від пасивних перешкод (ПП) (підстильної поверхні, предметів на місцевості, штучно створюваних противником хмар півхвильових диполів та потужних гідрометеорних утворень) (з блоку “Параметри ПП”); сигналів імпульсних перешкод (ІП) (з блоку “Параметри ІП”). Simulink-модель блоку імітації вхідних сигналів.

Результати імітаційного моделювання можна наочно спостерігати за допомогою блоків Vector Scope бібліотеки DSP Blockset/DSP Sinks (рис. 2.6). Simulink-додатки систем CPIC, що працюють за алгоритмами ДПХ та ДПФ, дозволяють: визначати модулі амплітуди спектрів вхідних сигналів за відсутності імпульсних перешкод (присутні луна-сигнали лише від цілі та пасивної перешкоди) та за наявності уражень від однієї до трьох ІП;

проводити дослідження для різних варіантів наборів вагових коефіцієнтів згладжування (для випадку згладжування з коефіцієнтами: $K_1=K_8=0,15$; $K_2=K_7=0,40$; $K_3=K_6=0,75$; $K_4=K_5=1$ – реалізовані в апаратурі дискретного перетворення сигналів РЛС 19Ж6, а також з коефіцієнтами згладжування: Bartlett, Blackman, Chebyshev, Hamming, Hann, Kaiser – реалізованими в блоці Window Function бібліотеки DSP Blockset/Signal Operations). Задаючи різні набори коефіцієнтів згладжування, можна досліджувати та наочно оцінювати рівень бічних пелюсток амплітудно-фазової характеристики (АФХ) фазових фільтрів.

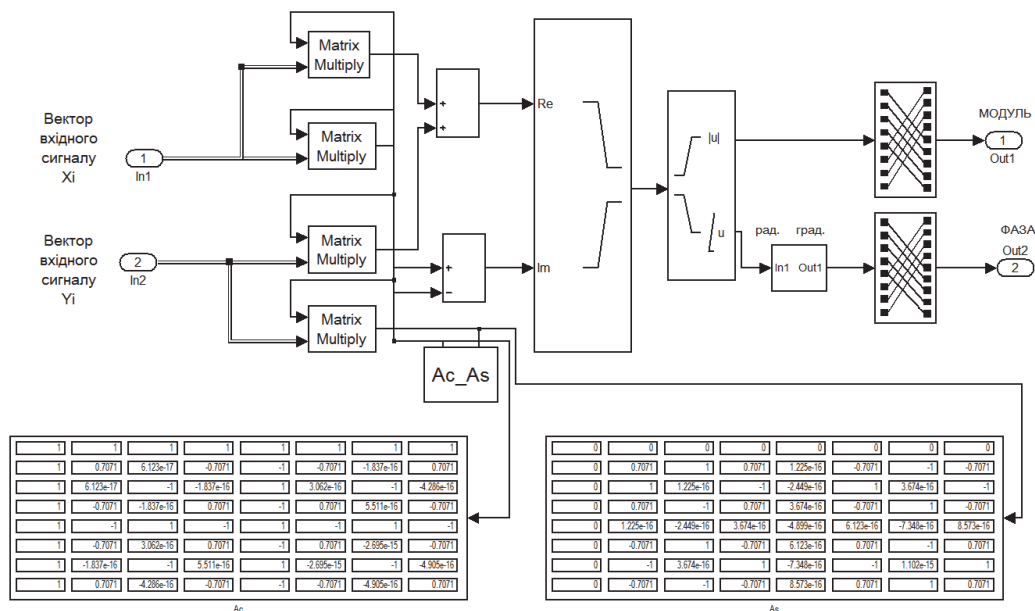


Рисунок 2.5 – Simulink-додаток алгоритму ЦРЦ, що реалізує перетворення Фур'є

Як показано на прикладах Simulink-додатків систем ЦРЦ, що працюють за алгоритмами ДПХ та ДПФ (рис. 2.4; 2.5), вони повністю були реалізовані типовими спеціалізованими блоками пакета Simulink. Однак, якщо наявні в бібліотеці компоненти не дозволяють реалізувати засобами Simulink-модель елемента підсистеми, то є можливість провести моделювання завдяки М-мові системи MATLAB.

Створені М-мовою системи MATLAB коди М-функцій можуть зберігатися в текстовому файлі та працювати без проміжної стадії компіляції в машинний код.

Якщо ж реалізація моделі завдяки внутрішнім засобам системи MATLAB неможлива або досить складна, то згідно з алгоритмом (рис. 2.1) є можливість такої розробки на зовнішній відносно пакета MATLAB мові програмування С, С++. При цьому створюються так звані МЕХ-функції (М – від MATLAB, EX – від External). Для генерації власної МЕХ-функції необхідно мати транслятори: Microsoft Visual C/C++, Borland C/C++Builder.

Створені завдяки пакету моделювання SIMULINK візуально-імітаційні моделі найбільш повно реалізують «класичну» технологію імітаційного експерименту, включаючи його планування й обробку результатів. В основі побудови даних моделей лежить метод drag-and-drop («перетягни і залиш»). У якості «цеглинок» для синтезу Simulink-моделі використовуються модулі (блоки), що зберігаються в бібліотеці Simulink. Блоки, що включаються в створювану модель, зв'язані один з одним, як за інформацією, так і за керуванням. Тип зв'язку залежить від типу блоку і логіки роботи моделі. Дані, якими обмінюються блоки, можуть бути скалярними величинами, векторами або матрицями довільної розмірності. Simulink-модель може мати ієрархічну структуру, тобто складатися з моделей більш низького рівня (число рівнів ієрархії для пакета Simulink не обмежено). Крім того, у даній моделі використовуються модулі, усередині яких розташовуються підсистеми (субмоделі).

Такий принцип конструювання складних моделей дає ряд важливих достоїнств: мається можливість розбиття загальної задачі, яка розв'язується системою, на ряд більш дрібних задач, які розв'язуються підсистемами; кожна підсистема може налагоджуватися (досліджуватися) окремо і використовуватися в загальній системі вже після налагодження; істотно спрощується вид основної моделі за рахунок виключення з неї другорядних

блоків; полегшується модифікація загальної моделі за рахунок модифікації її більш простих підсистем.

Щодо використання розроблених Simulink-додатків у якості візуальних дидактичних засобів. Практична робота на реальній матеріальній частині РЛС, щодо проведення експерименту, вимагає великих витрат часу на його підготовку. Як видно з рис. 2.6, при застосуванні Simulink-додатку, досліджувана схема СРЦ готується заздалегідь та зберігається в пам'яті ПЕОМ або на магнітному носії. Безпосередньо на робочому місці (за екраном ПЕОМ) можна створювати (моделювати) тестову різноманітну по- вітряну та перешкодову обстановку і, виходячи з конкретних умов обстановки вибирати найбільш придатний для спостереження сигналів режим робо- ти апаратури. Крім цього, практична робота з електротехнічними схемами та із засобами вимірювань неможлива без помилок, а помилки в реальній лабораторії часом дуже дорого обходяться. Працюючи з Simulink-додатком, експериментатор (дослідник) застрахований від поразки струмом, а прилади не вийдуть із ладу через неправильно зібрану схему. Завдяки цій програмі в розпорядженні користувача є такий широкий набір приладів, який не входить до комплекту РЛС.

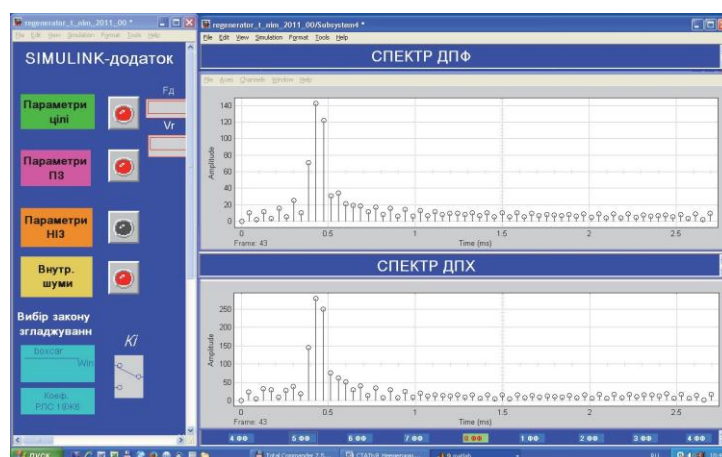


Рисунок 2.6 – Вигляд основного вікна Simulink-додатка

2.2 Віконні і вейвлет-функції і перетворення

Можливість необмеженої протяжності сигналу при зміні частотного складу визначає необхідність пошуку ефективних методів декомпозиції та синтезу фрагментів сигналу на обмежених інтервалах. Зокрема, віконне перетворення Фур'є і вейвлет-перетворення є динамічними методами спектрального аналізу, тобто такими методами, які дозволяють враховувати і виявляти динамічна зміна спектрального складу сигналу. Віконні функції дозволяють ефективно боротися з коливаннями Гіббса, властивими перетворенню Фур'є як результат нерівномірного збіжності в точці розриву.

Віконні функції і вейвлети надають нові можливості для синтезу і перетворення сигналів, моделювання фізичних процесів, операційних методів розв'язання диференціальних рівнянь.

2.2.1 Характеристики віконних функцій

Віконні функції (windowing functions), також звані вагові функції (weighting functions), можуть бути застосовані для вирішення комплексу задач, наприклад: расчёта спектра або оцінювання інших тимчасових або частотних характеристик деякого фрагмента сигналу; фільтрації фрагмента сигналу або фрагмента спектра сигналу. По застосуванню віконні функції, або коротко вікна, зазвичай поділяють на вікна даних і кореляційні вікна. Основне призначення вікна даних – зменшити величину зсуву в періодограмний спектральних оцінках. Основне призначення кореляційного вікна – зменшити дисперсію коррелограммной оцінки.

Будемо позначати віконні функції як. Відзначимо, що віконні функції можуть бути застосовані як в тимчасовій, так і в частотній області подання сигналу. У даній роботі будемо проводити дослідження вікон як функціональних патернів, заданих в тимчасовій області.

Віконні функції є класом вещественнозначних сигналів, симетричних відносно центрального сплеску з максимальним значенням в точці центрального сплеску. Інтеграл віконних функцій $\int_{-\infty}^{\infty} w(t) dt$ має кінцеве нульове значення.

Віконні функції мають такі властивості.

Більшість віконних функцій симетричні відносно свого центру; якщо центр незміщеної віконної функції доводиться на точку $t = 0$, при розміщенні вікна в інтервалі $T = [-0.5; 0.5]$ або $T = [-\pi; \pi]$, то такі віконні функції зазвичай називають кореляційним вікном; якщо центр вікна доводиться на точку $t = 0.5$ при розміщенні вікна в інтервалі $T = [0; 1]$ і $t = \pi$ при розміщенні вікна в інтервалі $T = [0; 2\pi]$, то такі віконні функції зазвичай називають вікном даних. Формально більшість вікон задається у вигляді вікна даних, таке вікно задовольняє умові каузальності (причинності).

Область ненульових значень віконної функції строго обмежена в часі інтервалом $t \in [-T/2; T/2]$, все значення віконної функції поза межами інтервалу $[-T/2; T/2]$ вважаються рівними нулю.

Обмеженість області ненульових значень віконної функції в часі визначає той факт, що перетворення Фур'є віконної функції теоретично необмежено.

Еквівалентну тривалість вікна, з центром в точці $t = 0$, можна оцінити, використовуючи вираз:

$$T_{\exists} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} w(t) dt}{w(0)}, \quad (2.1)$$

або в дискретному вигляді для вікна з центром в точці запишемо:

$$T_{\exists} = \frac{\Delta t \sum_{n=-\infty}^{\infty} w[n]}{w[0]}, \quad (2.2)$$

Еквівалентну ширину смуги вікна можна обчислити як:

$$F_{\Xi} = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} w(f) df}{w(0)}, \quad (2.3)$$

або в дискретному вигляді:

$$F_{\Xi} = \frac{\Delta f \sum_{n=-\infty}^{\infty} w[n]}{w[0]}. \quad (2.4)$$

При цьому для твору еквівалентної тривалості і ширини смуги виконується рівність:

$$T_{\Xi} F_{\Xi} = 1. \quad (2.5)$$

Одна з основних завдань при синтезі віконних функцій – це знаходження компромісу між шириною головної пелюстки і рівнем придушення бічних пелюсток перетворення Фур'є віконної функції. Зниження рівня бічних пелюсток призводить до розширення центрального пелюстки і, як наслідок, погіршення дозволу по частоті.

Для кількісних оцінок різних вікон використовуються комплекс традиційних показників:

- ширина смуги на рівні половинної потужності, тобто на рівні, який на 3 дБ нижче максимуму головної пелюстки;
- еквівалентна ширина смуги;
- піковий рівень бічних пелюсток, що дозволяє зробити висновок про придушення «просочування» частот в області бічних пелюсток;
- швидкість спадання бічних пелюсток, яка дозволяє зробити висновок про швидкість спадання в області «просочування» (вимірюється в дБ/октава).

2.2.2 Віконне перетворення Фур'є

Одне із значущих практичних застосувань віконних функцій - віконне перетворення Фур'є:

$$X(\omega, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} w(t - \tau) x(t) e^{-j\omega t} dt, \quad (2.6)$$

де $w(t)$ – віконна функція,

$x(t)$ – перетворюється функція,

$X(\omega, \tau)$ – образ функції $x(t)$ в просторі частота (ω), час (τ).

Віконне перетворення Фур'є дозволяє проводити аналіз динаміки: амплітуди, частоти і фази. На рис. 2.7 приведён приклад віконного перетворення Фур'є сигналу виду $x(t) = \sin(t)^3$, $t \in [0; 2\pi]$, з застосуванням вікна Хеммінга.

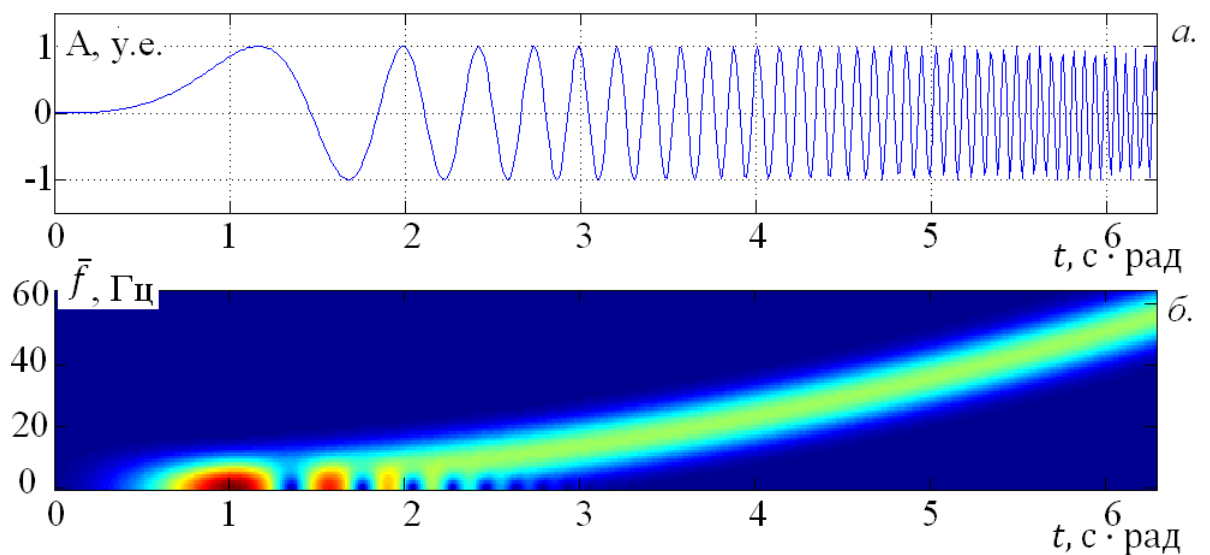


Рисунок 2.7 – Сигнал с нарастающей частотой и его спектрограмма

Очевидно, що при виконанні свёртки або кореляції з віконної функцією амплітуда результуючої функції буде відрізнятися від початкової. Для можливості учётu і корекції даного ефекту застосовують так званий коефіцієнт ослаблення віконної функції, що дорівнює відношенню постійної складової віконної функції $w(t)$ до постійної складової прямокутного вікна $W_{\text{пр}}(t)$:

$$\beta = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T w(t) dt}{\frac{1}{T} \int_0^T w_{\text{пр}}(t) dt} = \frac{1}{T} \int_0^T w(t) dt. \quad (2.7)$$

З урахіванням коефіцієнта ослаблення вираз можна записати у вигляді:

$$X(\omega, \tau) = \frac{1}{\beta} \int_{-\infty}^{\infty} W(t - \tau) x(t) e^{-j\omega t} dt. \quad (2.8)$$

2.2.3 Віконне перетворення Фур'є в MatLab

Засоби MatLab підтримують віконне перетворення Фур'є. Функція $[S, F, T] = \text{spectrogram}(x, \text{window}, \text{poverlap}, F, fs)$ призначена для віконного перетворення Фур'є з заданим вікном і рядом інших параметрів, а також для синтезу спектрограми сигналу. Функція `spectrogram(...)` може працювати в декількох режимах в залежності від формату виклику функції і завдання параметрів. Обов'язковою параметром є x - вектор сигналу для віконного перетворення. Всі інші параметри можуть не вказуватися. Більш детально відомості про параметри за замовчуванням можна знайти в керівництві по MatLab.

Параметр `window` визначає заданий у вигляді масиву вікно для перетворення Фур'є. Параметр `poverlap` визначає число перекриттів (в отсчётах) при зміщенні вікна. Параметр F визначає довжину вибірки для перетворення Фур'є. Нагадаємо, що число отсчётов визначає дозвіл по

частоті. Таким чином, збільшуючи число відліків, можн підвищити дозвіл по частоті перетворення Фур'є. Параметр f_s визначає частоту вибірок, вказівка даного параметра дозволяє проводити аналіз в реальних одиницях часу і частоти.

Програма (лістинг 1) містить приклад використання функції `spectrogram(...)`, а на рис. 2.8 наведено результат роботи програми.

Лістинг 1 – Побудова спектрограми засобами MatLab.

```
clear all;          % очистка переменных
close all;          % закрыть все окна
clc;                % очистка командного окна
%% =====
% функция для оконного преобразования Фурье
xt = sin(linspace(0,2*pi,512).^3);
% окно Хэмминга
wpu = 0.54-0.46.*cos(linspace(0,2*pi,32));
% синтез и вывод спектрограммы
spectrogram(xt, wpu, 31, 128, 1);
```

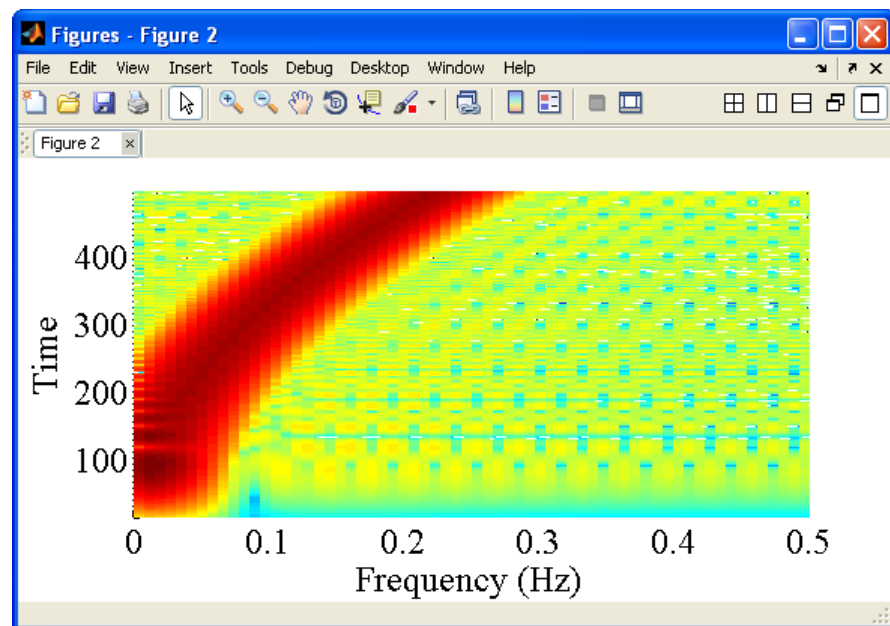


Рисунок 2.8 – Віконне перетворення Фур'є
за допомогою функції `spectrogram(...)` (вікно MatLab)

По зображенню спектра (рис. 2.8) видно, що відбувається підвищення частоти з ростом часу, що визначається властивістю заданої для аналізу

функції (лістинг 1). Нормування, виконане засобами MatLab, дозволяє відобразити коректні масштаби і одиниці вимірювання по осях координат спектрограми.

2.3 Деякі приклади програмної реалізації

У даному розділі представлені деякі функції, розроблені в середовищі САПР MatLab для аналізу і синтезу широкосмугових сигналів. Кожна функція містить коментарі, а завдяки ясному і лаконічному мови MatLab коди функцій досить легко сприймаються.

Лістинг 2.1 – Функція синтезу комплексного гармонійного вейвлета.

```
function [PSI,X] = mi_cgarm( Lb, Ub, N, Fc )
%% =====
%% mi_cgarm - функция синтеза
%               комплексного гармонического вейвлета
% входные параметры:
%   LB - меньшая граница аргумента
%   UB - большая граница аргумента
%   N  - число точек в результирующем массиве
%   FC - центральная частота
% возвращает: [PSI,X]
%   PSI - отсчёты гармонического вейвлета
%   X   - аргумент
%% =====
X = linspace(Lb,Ub,N); % аргумент гармонического
вейвлета PSI          = ((pi)^(-
0.5)).*exp(2*i*pi*Fc*X);
End
```

Лістинг 2.2 – Функція синтезу комплексного модульованого гармонійного вейвлета.

```
function [PSI,X] = mi_cwgarm( Lb, Ub, N, Fc )
%% =====
%% mi_cwgarm - функція синтезу
%      комплексного модульованого гармонічного вейвлета
% входные параметры:
%   LB - меньшая граница аргумента
%   UB - большая граница аргумента
%   N  - число точек в результирующем массиве
%   FC - центральная частота
% возвращает: [PSI,X]
%   PSI - отсчёты модульованого гармонічного вейвлета
%   X   - аргумент
%% =====
X = linspace(Lb,Ub,N); %
Xmult = sin(linspace(0,pi,N)); %
PSI = ((pi)^(-0.5)).*Xmult.*exp(2*i*pi*Fc*X);
end
```

Лістинг 2.3 – Функція синтезу комплексного меандрового вейвлета.

```
function [PSI,X] = mi_cmeandr( Lb, Ub, N, Fc )

%mi_cgarm - функція синтезу комплексного меандрового вейвлета
% входные параметры:
%   LB - меньшая граница аргумента
%   UB - большая граница аргумента
%   N  - число точек в результирующем массиве
%   FC - центральная частота
% возвращает: [PSI,X]
%   PSI - отсчёты меандрового вейвлета
%   X   - аргумент меандрового вейвлета
%% =====
X = linspace(Lb,Ub,N); % аргумент меандрового вейвлета
NP2 = round(N/(2*Fc));
psi_re = zeros(1,N);
psi_im = zeros(1,N);
arg = -1;
for ns = 1:NP2:N
    if N-ns < NP2
        psi_im(ns:end) = arg;
        break;
    end
    psi_im(ns:ns+NP2-1) = arg;
    arg = -arg;
end
psi_re = circshift(psi_im, [0 round(NP2/2)]);
PSI = psi_re + 1i.*psi_im;
end
```

З ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Планування науково-дослідницької роботи

Основна умова раціонального планування НДР – скорочення термінів виконання розборок при мінімальних витратах трудових, матеріальних і грошових ресурсів.

Для цього необхідно вирішити такі завдання з планування НДР: визначання трудомісткості та тривалості; складання мережевого графіка виконання; визначення витрат на проведення.

3.2 Визначення трудомісткості та тривалості НДР

Весь комплекс НДР можна розділити на типові етапи. На кожному етапі вказуються виконавці і трудомісткість або тривалість виконання робіт.

Трудомісткість НДР розраховується в нормо-годинах або людино-днях витрат робочого часу основних виконавців і залежить від складності розробки та ступеня її новизни, кваліфікації виконавців, наявності у них навичок дослідницької роботи, від використовуваних матеріалів, вимог надійності, технічних умов комплектуючих схем і т. д.

Розрахунок тривалості виконання НДР і кожного її етапу знаходимо відповідно до кількості виконавців по кожному етапу за формулою:

$$T_{\text{ц}} = \frac{Q}{R \times K_{\text{в.н.}}}, \quad (3.1)$$

де $T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу, днів;

Q – трудомісткість робіт, людино-годин;

R – кількість виконавців, людей;

$K_{\text{в.н.}}$ – плановий коефіцієнт виконання норм на відрядження роботах, $K_{\text{в.н.}} = 1,05 \dots 1,1$.

Тривалість виконання НДР та кожного з її етапів приведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – тривалість етапів НДР

Етап НДР	Трудомісткість		Виконавці		Тривалість днів
	Люди но- днів	% по підсум- ку	Спеціальність	Кіль- кість людей	
1	2	3	4	5	6
1. Отримання технічного завдання	1	2,4	Інженер	1	1
2. Огляд літературних джерел	3	3,52	Інженер	1	3
3. Обґрунтування актуальності	3	6,52	Інженер	1	3
4. Огляд Застосування 3D сканера	3	7,7	Інженер	1	3
5. Аналіз матеріалів та технологій	3	4,7	Інженер	1	3
6. Розробка конструкції	6	10,06	Інженер	1	6
7. Опис розробленої конструкції 3D сканера	6	8,06	Інженер	1	6
8. Інструкція з експлуатації під час запуску обладнання	4	6,7	Інженер-	1	4
9. Дослідження роботи 3D сканера при використанні лазерної технології	8	8,7	Інженер	1	8
10. Опис програмного забезпечення	3	4,7	Інженер	1	3
11. Аналіз Характеристик отримання 3D об'єктів	6	11,76	Інженер	1	6

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
12. Розробка Рекомендацій щодо використання сканеру	6	12,26	Інженер	1	6
13. Визначення кошторисної вартості проведення робіт	3	4,7	Консультант з економіки	1	3
14. Розробка Питань з охорони Праці	3	4,7	Консультант по ОТ	1	3
15. Висновки	2	3,52	Інженер	1	2
Разом	60	100	-	3	60

У ряді важко встановити загальну тривалість робіт. Це пов'язано з елементами не визначеності в процесі використання більшості робіт. Їх трудомісткість і тривалість залежить від безлічі факторів, передбачити які неможливо. У таких випадках використовують імовірності оцінки часу. Ці оцінки зазвичай виражаються в днях і є вихідними для розрахунку очікуваного часу використання етапу робіт за формулою:

$$t_{ioe} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (3.2)$$

де t_{ioe} – очікувана оптимальна оцінка часу виконання роботи, днів;

t_{min} – мінімально необхідний час на виконання роботи по найбільш сприятливих умов, днів;

t_{max} – максимальні витрати часу на витрати часу на виконання роботи при несприятливих умов, днів.

Ступінь правильності визначення $t_{ож}$ перевіряють розрахунком дисперсії (розкиду між мінімальною і максимальною оцінками часу виконання робіт), яка визначається за формулою:

$$\sigma^2(t) = \left(\frac{t_{max}-t_{min}}{5}\right)^2, \quad (3.3)$$

Розрахунок $\sigma^2(t)$ та $t_{ож}$ приведений в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Оцінка тривалості та трудомісткості робіт

Етапи НДР	Оцінка часу, днів			Дисперсія	Виконавці	
	min	max	оч		Спеціальність	Кількість людей
1	2	3	4	5	6	7
1. Отримання технічного завдання	1	3	2	0,16	Інженер	1
2. Огляд літературних джерел	2	4	3	0,16	Інженер	1
3. Обґрунтування актуальності	2	4	3	0,16	Інженер	1
4. Огляд застосування 3D сканера	3	5	4	0,16	Інженер	1
5. Аналіз технологій	3	5	4	0,16	Інженер	1
6. Розробка конструкції	5	7	6	0,16	Інженер	1
7. Опис розробленої конструкції 3D сканера	5	7	6	0,16	Інженер	1
8. Інструкція з експлуатації під час запуску обладнання	3	5	4	0,16	Інженер	1
9. Дослідження роботи 3D сканеру при використанні лазерної технології	9	11	10	0,16	Інженер	1
10. Опис програмного забезпечення	3	5	4	0,16	Інженер	1

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
11. Аналіз характеристик отримання 3D об'єктів	3	5	4	0,16	Інженер	1
12. Розробка рекомендацій щодо використання сканеру	3	5	4	0,16	Консультант з економіки	1
13. Визначення кошторисної вартості проведення робіт	9	11	10	0,16	Консультант з ОТ	1
14. Розробка питань з охорони праці	3	5	4	0,16	Інженер	1
15. Висновки	3	5	4	0,16	Інженер	1

3.2.1 Складання мережевого графіка

Мережевий графік є інформаційно-динамічною моделлю, в якій зображаються взаємозв'язки і результати всіх робіт, необхідних для досягнення кінцевої мети розробки.

При побудові мережевого графіка використовуються два графічні елементи: роботи і події.

Робота – це процес, що вимагає витрат часу, наявності виконавців і матеріальних ресурсів. На графіці роботи зображуються стрілками.

Подіями називають результати проведення робіт, формулювання події завжди записуються в довершеній формі, що не допускає різного тлумачення. На графіці подію зображують колом в якому указують порядковий номер події.

До основних параметрів мережевого графіка відносять: критичний шлях, резерви часу подій і резерви часу робіт. Ці параметри є результатними для аналізу і оптимізації мережі.

Перелік робіт мережевого графіка наведені в таблиці 3.3. У таблиці 3.4 наведені параметри подій з розробки проекту.

Розрахунки параметрів робіт і параметри шляхів мереживої графіка наведені в таблиці 3.5 і 3.6.

Таблиця 3.3 – Перелік робіт мережевого графіка

№	Найменування роботи	Код роботи	Тривалість
1	2	3	4
1	Отримання технічного завдання	1-2	2
2	Огляд літературних джерел	2-3	3
3	Обґрунтування актуальності	3-4	3
4	Огляд застосування 3D сканера	4-5	4
5	Аналіз технології	5-6	4
6	Розробка конструкції	5-7	6
7	Опис розробленої конструкції 3D сканера	6-8	6
8	Інструкція з експлуатації під час запуску обладнання	7-9	4
9	Дослідження роботи 3D сканеру при використанні лазерної технології	8-10	10
10	Опис програмного забезпечення	9-11	4
11	Аналіз характеристик отриманих 3D об'єктів	10-12	10
12	Розробка рекомендацій щодо використання сканеру	11-12	4
13	Визначення кошторисної вартості проведених робіт	14-15	4
14	Розробка питань з охорони праці	15-16	4
15	Висновки	16-17	3

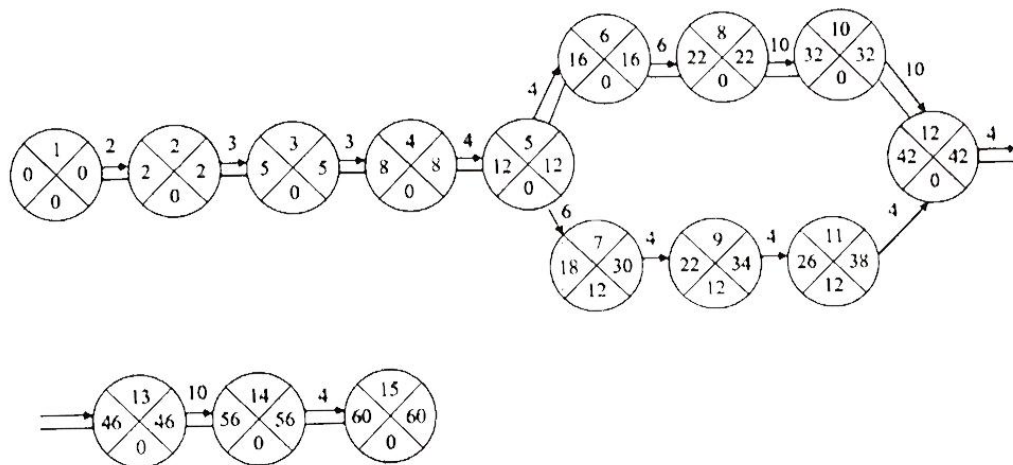


Рисунок 3.1 – Мережевий графік плану виконання робіт

Для заповнення табл. 3.4 необхідно розрахувати наступні дані:

t_i^p – ранній термін настання події;

t_i^n – пізній термін настання події;

R_i – резерв часу;

Таблиця 3.4 – Параметри подій

Кількість попередніх робіт	Номер події	t_i^p	t_i^n	R_i
0	1	0	0	0
1	2	2	2	0
2	3	5	5	0
3	4	8	8	0
4	5	12	12	0
5	6	16	16	0
6	7	18	30	12
7	8	22	22	0
8	9	22	34	12
9	10	32	32	0
10	11	26	38	12
11	12	42	42	0
12	13	46	46	0
13	14	56	56	0
14	15	60	60	0

Для заповнення таблиці 3.5 необхідно розрахувати наступні дані:

- t_{ij} – тривалість виконання роботи i-j, днів;
- $t_{pн}$ – ранній термін початку роботи, днів;
- t_{po} – ранній термін закінчення роботи, днів;
- $t_{пн}$ – пізній термін початку роботи, днів;
- $t_{по}$ – пізній термін закінчення роботи, днів;
- $R_{п}$ – повний резерв часу, днів;
- $R_{в}$ – вільний резерв часу, днів;

Таблиця 3.5 – Параметри робіт

Код роботи	t_{ij}	$t_{pн}$	t_{po}	$t_{пн}$	$t_{по}$	$R_{п}$	$R_{в}$
1-2	2	0	0	2	2	0	0
2-3	3	2	2	5	5	0	0
3-4	3	5	5	8	8	0	0
4-5	4	8	8	12	12	0	0
5-6	4	12	12	16	16	0	0
5-7	6	12	24	18	30	12	0
6-8	6	16	16	22	22	0	0
7-9	4	18	30	22	34	12	0
8-10	10	22	22	32	32	0	0
9-11	4	22	34	26	38	12	0
10-12	10	32	32	32	42	0	0
11-12	4	26	38	30	42	12	12
14-15	4	42	42	46	46	0	0
15-16	10	46	46	56	56	0	0
16-17	4	56	56	60	60	0	0

Таблиця 3.6 – Параметри шляхів

Номер шляху	Номер події	Довжина шляху	Резерв шляху	K_n
1	1-2-3-4-5-6-8-10-12-13-14-15	60	0	1
2	1-2-3-4-5-7-9-11-12-13-14-15	55	36	0,53

Розрахунок коефіцієнта навантаження:

$$K_{\text{нii}} = \frac{L_i - L_{\text{iki}}}{L_{iq} - L_{\text{iki}}}$$

$$K_{\text{н1}} = \frac{55-41}{60-41} = 0,74$$

В даному випадку згідно з розрахунками таблиці критичним є шлях №1. Мінімізувати виконання робіт на 5 днів.

3.3 Визначення витрат на розробку тривимірного принтера

Для визначення витрат на розробку програми складають калькуляцію кошторисної вартості роботі, що включає статті:

- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальне страхування і до інших фондів;
- матеріали і комплектуючі вироби (за вирахуванням вартості зворотніх відходів) ;
- витрати на відрядження;
- витрати на спеціальне устаткування;
- вартість послуг сторонніх організацій;
- інші прямі витрати;
- накладні витрати;
- плановий прибуток.

3.3.1 Розрахунок заробітної плати

Розрахуємо заробітну плату всіх категорій працівників, які безпосередньо зайняті в процесі проведення всіх етапів НДР. Сума заробітної плати розраховується на основі зайнятості виконавців на окремих етапах

робіт і середньоденного заробітку для кожної категорії персоналу. Результати розрахунку занесені в таблицю 3.7. Кошторис НДР наведено в таблиці 3.13.

Сума з основної заробітної плати становить 11649,9 грн. Додаткова плата приймається 12% від основної заробітної плати, що становить 1397,99 грн. Підсумкова сума заробітної плати 13047,89 грн.

Відрахування на соціальне страхування 22%:

$$З_{\text{осн}} \times 0,22 = 13047,89 \times 0,22 = 2870,54 \text{ грн.}$$

$$P_{\text{накл}} = З_{\text{осн}} \times N_{\text{накл}} = 11649,9 \times 1 = 11649,9 \text{ грн.}$$

Загальновид. витрати 30% від осн. заробітної плати

$$З_{\text{осн}} \times 0,3 = 11649,9 \times 0,3 = 3494,97 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.7 – Заробітна плата

Посада виконавців	Кількість людей	Місячний оклад, грн	Зайнятість, дн.	Середньоденна зарплата, грн.	Сумарна зарплата, грн.
Інженер	1	6000	54	200	10800
Консультант з економіки	1	4300	3	143,3	429,9
Консультант по ОТ	1	4200	3	140	420
Разом	3	14500	60	-	11649,9

Таблиця 3.8 – Кошторис затрат на виконання НДР

Стаття затрат	Сума, грн.	Структура, %
Матеріали	2156,7	9,45
Основна заробітна плата	11649,9	33,15
Додаткова заробітна плата	1397,99	3,97
Витрати на енергоресурси	293,06	0,39
Відрахування на соціальні заходи	2870,54	13,74
Витрати на амортизацію	1483,87	6,11
Накладні витрати	11649,9	33,15
Разом	31502,06	100

3.3.2 Визначення витрат на матеріали

У цю статтю включають вартість основних і допоміжних матеріалів, полуфабрикатів, що купуються і комплектуючих виробів. Транспортно-заготовчі витрати приймають рівними 3-10% від вартості матеріалів.

Вихідні дані і розрахунок вартості матеріалів занесемо в таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Витрати на матеріали

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Arduino Uno	шт.	1	120	120
Ramps 1.4	шт.	1	362	362
Двигун	шт.	1	252	252
Драйвер двигуна	шт.	1	143	143
Лінійні кулькопідшипники	шт.	2	30	30
Кулькопідшипники	шт.	1	25	25
Лазер	шт.	1	85	85
Листовий МДФ	Лист 2800x2070	1	350	350
Блок живлення	шт.	1	57	57
Веб камера	шт.	1	600	600
Разом				2054
Транспортно-підготовчі роботи 5%				102,7
Разом матеріальних затрат				2156,7

3.3.3 Розрахунок витрат на електроенергію

Для розрахунку витрат на електроенергію використовуємо формулу:

$$E = \frac{P_y \times \Phi_{\text{еф}} \times K_b \times C_e}{\text{ККД}}, \quad (3.4)$$

де:

P_y – встановлена потужність енергетичних струмоприймачів обладнання, кВт;

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу роботи даного виду обладнання, год;

K_b – коефіцієнт використання енергетичних установок по потужності і часу(0,8);

C_e – ціна 1квт год електроенергії (2,68 грн. з ПДВ);

$$E = \frac{0,45 \times 289,44 \times 0,8 \times 2,68}{0,8} + \frac{0,03 \times 45 \times 0,8 \times 2,68}{0,8} = 293,06 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат електроенергії приведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Розрахунок вартості енергоресурсів

Найменування обладнання	Вид енерго-ресурсів	Установлена потужність, P_y , кВт	Тривалість використання $\Phi_{\text{еф}}$, ч.	Тариф за кВт час, грн.	Вартість енерго-ресурсів, грн.
Комп'ютер	Е/енергія	0,45	240	2,68	289,44
Сканер	Е/енергія	0,03	45		3,62
Разом					293,06

3.3.4 Розрахунок вартості спец обладнання

До спеціального обладнання належить таке обладнання, яке використовується тільки для проведення окремої дослідницької роботи. Вартість спеціального обладнання для проведення НДР визначають на підставі їх кількості, цін по прейскурантах. Результати розрахунку занесені в

таблицю 3.11. Результати розрахунку амортизаційних відрахувань наведень в таблицю 3.12.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості спецобладнання

Обладнання	Кількість на тему	Ціна за одиницю, грн.	Вартість, грн.
Комп'ютер	1	9000	9000
Принтер	1	2500	2500
Разом			11500
Транспортно-підготовчі роботи 5%			575
Разом			12075

Таблиця 3.12 – Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Зайнятість обладнання, годин.	Ефективний річний фонд часу, ч.	Сума, грн.
Комп'ютер	9000	50	480	1860	1161,29
Принтер	2500	50	480		322,58
Разом					1483,87

3.4 Розрахунок планового прибутку

Мінімальна величина прибутку повинна забезпечувати внесення до державного і місцевих бюджетів необхідних і утворення фондів економічного стимулювання організації. Величина планового прибутку визначається при продажі розробці програмного продукту стороннім організаціям.

Результати визначення витрат на розробку програми зводять в таблицю 3.13.

Таблиця 3.13 – Калькуляція кошторисної вартості робіт по розробці програми

Найменування статей витрат	Сума, грн.	Питома вага до Підсумку, %
1. Основна заробітна плата	11649,9	45,38
2. Додаткова заробітна плата	1397,99	5,43
3. Відрахування на соціальне страхування	2870,54	18,77
4. Матеріали і комплектуючі вироби (за вирахуванням вартості відходів)	2156,7	3,82
5. Витрати на спеціальне устаткування (амортизація)	1483,87	21,4
6. Вартість енергоресурсів	293,06	0,34
7. Інші прямі витрати	200	0,35
8. Загальновид. витрати	3494,97	4,5
Разом	23547,03	100
9. Плановий прибуток	-	-
Разом	23547,03	100

3.5 Розрахунок економічної ефективності НДР

Для теоретичних досліджень в більшості випадків важко або навіть неможливо розрахувати економічний ефект, тому доцільно визначити їх техніко-економічну ефективність з урахуванням наступних показників: значимість дослідження для промисловості, складність розробки.

Значимість теоретичного дослідження оцінюють за його призначенням: вирішення проблемних питань, пошук принципово нових конструктивних і технологічних рішень тощо.

Складність виконання роботи визначають порівнянням отриманих результатів цього дослідження з результатами відомих аналогічних досліджень з урахуванням фінансових і трудових витрат на їх проведення.

Результативність проекту можна визначити по повності рішень постановленого завдання: отриманий результат відповідає плановому, задовільний(часткове вирішення) або негативний.

Аналіз залежності між цими показниками і витратами на їх досягнення дає можливість кількісної оцінки техніко-економічної ефективності теоретичного дослідження за формулою:

$$K = \frac{J^n \times R \times T}{B \times t}, \quad (3.5)$$

де:

J^n – рівень ефективності дослідження (коефіцієнт техніко економічної ефективності проекту);

J – значущість роботи);

R – результативність проекту;

T – технічна складність виконання проекту;

B – витрати на проведення дослідження, грн;

t – час, витрачений на проведення дослідження, років;

n – показник використання результатів дослідження;

$n = 0$ – результат дослідження не використовується;

$n = 1$ – результати дослідження використовуються частково;

$n = 2$ – результат використовуються в дослідницько-конструкторських роботах;

$n = 3$ – результати можуть бути використані без проведення дослідно-конструкторських робіт.

Правильно працюючий криптографічний алгоритм дозволяє запобігти велику кількість атак і розкрадання інформації, тому значущість роботи вибираємо $= 2$; результативність $= 3$; технічна складність $= 2$; час витрачений на проведення дослідження, років $= 0,23$, а вартість НДР склала 23,5 тис. грн., $n = 2$ – результат використовуються в дослідницько-конструкторських роботах.

$$K = \frac{2^2 \times 3 \times 2}{23,5 \times 0,23} = 3,25$$

при значенні $K \geq 1$ дослідна робота є ефективною

3.6 Висновок

Визнаємо, що проведені дослідження вказують на ефективність впровадження мікропроцесорного блоку для вейвлет-аналізу радіосигналів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В ПЕРІОД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Магістерська робота на тему "Розробка та дослідження мікропроцесорного блоку для вейвлет аналізу радіотехнічних сигналів" носить науково-дослідний характер. Робоче місце являє собою невелику лабораторію, оснащену комп'ютерами і різного роду електричним обладнанням та вимірювальною технікою.

До комплексу загальних несприятливих факторів, обумовлених характером виробничого процесу та умовами праці можна віднести:

а) ураження електричним струмом внаслідок несправності електричного обладнання та порушення правил електробезпеки, відсутність або несправність заземлюючого контуру, що може привести до електричних травм;

б) електромагнітні випромінювання від комп'ютера, включають в себе різні види випромінювання від дисплея (рентгенівське, ультрафіолетове, інфрачервоне) і в результаті можливі захворювання очей, шкіри, зниження імунітету. Слід зазначити, що в сучасних моніторах на основі світлодіодів екранів рентгенівське випромінювання відсутнє;

в) підвищене навантаження на опорно-руховий апарат, внаслідок довгого сидіння за робочим місцем (як результат - захворювання кістково-м'язового опорно-рухового апарату);

г) механічні травми через неправильну установку меблів, неправильного обладнання та оснащення робочих місць;

д) незадовільні параметри мікроклімату (знижена або підвищена вологість повітря, висока або низька температура повітря і т.д.), що може призвести до порушення стану здоров'я, погіршення самопочуття;

е) недостатнє освітлення робочих приміщень через неправильне розрахунку кількості і потужності освітлювальних пристроїв або їх несправності;

ж) перенапруження зорових і слухових органів, а також емоційні навантаження перенапруження); (Як результат – розумовий і фізичний)

з) можливість загоряння електроприладів через порушення правил пожежної безпеки, що призводить до пошкодження обладнання та до опіків робітників;

і) неправильна поведінка персоналу в умовах надзвичайних ситуаціях, через непоінформованість персоналу, або його неправильних дій.

Так як тема дипломного проекту "Побутова телевізійна антена дециметрового діапазону" носить дослідницький характер (дослідження властивостей на математичних моделях) і передбачає проведення робіт в лабораторії, обладнаній персональними комп'ютерами з візуальними дисплейними терміналами, тому далі розглянемо заходи щодо забезпечення безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки для лабораторії з персональними комп'ютерами.

4.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

Для забезпечення електробезпеки повинні застосовуватися окремо або в поєднанні один з одним такі технічні засоби і засоби: безпечна конструкція електроустановок; захисне заземлення; електричне поділ мереж; ізоляція струмоведаючих частин; попереджувальна сигналізація.

Ізоляція струмоведаючих частин (робоча, додаткова, посилена, подвійна) повинна відповідати ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ «Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки ».

Елементи для здійснення захисного заземлення металевих неструмоведаючих частин вироби, які можуть опинитися під напругою (при порушенні ізоляції, режиму роботи вироби і т.п.) повинні бути виконані

відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ «Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки ».

Захисне заземлення (занулення) повинно відповідати ПУЕ (Правила улаштування електроустановок). Опір заземлювального пристрою, до якого приєднані нейтралі генератора або трансформатора або висновки джерела однофазного струму, в будь-який час року має бути не більше 2, 4 і 8 Ом відповідно при лінійних напругах 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму.

Для заземлення електроустановок можуть бути використані штучні і природні заземлювачі. Якщо при використанні природних заземлювачів опір заземлюючих пристроїв або напруга дотику має допустиме значення, а також забезпечуються нормовані значення напруги на заземлювальному пристрої і допустимі щільності струмів в природних заземлителях, виконання штучних заземлювачів в електроустановках до 1 кВ не обов'язкові. Використання природних заземлювачів як елементів заземлюючих пристроїв не повинно призводити до їх пошкодження при протіканні по ним струмів короткого замикання або до порушення роботи пристроїв, з якими вони пов'язані.

Електричні мережі повинні мати захист від струмів короткого замикання, що забезпечує по можливості найкоротший термін відключення і вимоги селективності. Захист повинна забезпечувати відключення пошкодженої ділянки при КЗ в кінці захищається лінії.

Вид ізоляції обладнання лабораторії виберемо робочим (тобто електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від ураження електричним струмом) відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 "ССБТ. Електробезпека. Терміни та визначення".

Клас електротехнічних виробів за способом захисту людини від ураження електричним струмом відповідно до цього ж ГОСТом виберемо І - вироби, що мають принаймні робочу ізоляцію і елемент для заземлення. У разі якщо виріб класу І має провід для приєднання до джерела живлення, це провід повинен мати заземлювальну жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Для забезпечення безпеки робіт в діючих електроустановках і запобігання травмонебезпечних ситуацій, виконуються наступні організаційні заходи відповідно до ГОСТ 12.1.019-79

«Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту »:

- призначення осіб, відповідальних за організацію і проведення робіт;
- оформлення роботи нарядом або усним розпорядженням;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи.

З метою виключення механічних травм, відповідно до ГОСТ 12.2.061-81 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць »: робоче місце, його обладнання та оснащення, що застосовуються відповідно до характеру роботи, повинні забезпечувати безпеку, охорону здоров'я і працездатність персоналу.

Рівень електромагнітних випромінювань не повинен порушувати вимог ГОСТ 12.1.045-84 "Електростатичні поля. Допустимі рівні на робочих місцях і вимоги до проведення контролю": допустимі рівні напруженості електростатичних полів встановлюються залежно від часу перебування персоналу на робочих місцях. Гранично допустимий рівень напруженості електростатичних полів встановлюється рівним 60 кВ / м протягом 1 години. При напруженості електростатичних полів менш 20 кВ / м час перебування в електростатичних полях не регламентується.

4.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» встановлено санітарно-гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень з комп'ютерною технікою (КТ).

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з комп'ютерною технікою повинні забезпечуватися оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості руху повітря відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.019-79* "ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони ».

Для мінімізації негативного впливу специфічної роботи і збереження працездатності, протягом усього робочого дня слід передбачити: забезпечення правильної «робочої пози» при «сидячому» режимі роботи, регламентовані перерви, простір і умови для мінімальної розминки і відпочинку. (СНиП 2.2.2.542-96, а також додаток 15 «Час регламентованих перерв в залежності від тривалості робочої зміни»).

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання з урахуванням його кількості і конструктивних особливостей (розмір ВДТ і ПЕОМ, клавіатури, пюпітра та ін.), Характеру виконуваної роботи. При цьому допускається використання робочих столів різних конструкцій, що відповідають сучасним вимогам ергономіки.

Конструкція робочого стільця (крісла) повинна забезпечувати підтримку раціональної робочої пози під час роботи на ВДТ і ПЕОМ, дозволяти змінювати позу з метою зниження статичного напруження м'язів шийно-плечової області і спини для попередження розвитку втоми.

Робочий стілець (крісло) повинен бути підйомно-поворотним і регульованим по висоті і кутам нахилу сидіння і спинки, а також відстані спинки від переднього краю сидіння, при цьому регулювання кожного параметра повинна бути незалежною, легко здійснюваною плюс надійну фіксацію.

Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей користувача на оптимальній відстані 600 – 700 мм, але не ближче 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів.

Конструкція ВДТ повинна забезпечувати можливість фронтального спостереження екрана шляхом повороту корпусу в горизонтальній площині навколо вертикальної осі в межах $\pm 30^\circ$ і у вертикальній площині навколо горизонтальної осі в межах $\pm 30^\circ$ з фіксацією в заданому положенні. Дизайн ВДТ повинен передбачати фарбування корпусу в спокійні м'які тони з дифузним розсіюванням світла. Корпус ВДТ і ПЕОМ, клавіатура та інші блоки і пристрої ПЕОМ повинні мати матову поверхню одного кольору з коефіцієнтом відображення 0,4 ... 0,6 і не мати блискучих деталей, здатних створювати відблиски. На лицьовій стороні корпусу ВДТ не рекомендується розташовувати органи управління, маркування, будь-які допоміжні написи і позначення. При необхідності розташування органів управління на лицьовій панелі вони повинні закриватися кришкою або бути втоплені в корпусі.

Рівень очей при вертикально розташованому екрані ВДТ повинен приходиться на центр або $2/3$ висоти екрана. Лінія погляду повинна бути перпендикулярна центру екрана і оптимальне її відхилення від перпендикуляра, що проходить через центр екрану у вертикальній площині, не повинно перевищувати ± 5 градусів, допустимий ± 10 градусів.

Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров'я професійних користувачів, протягом робочої зміни повинні встановлюватися регламентовані перерви. Під час регламентованих перерв з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії і гіпокінезії, запобігання розвитку позіотоніческого втоми доцільно виконувати комплекси вправ.

Для робіт, які виконуються з великим навантаженням, рекомендований 10-15 хвилинну перерву після кожної години роботи, а при інтенсивній і монотонній роботі 10-15 хвилин через кожні 2 години. Кількість мікропауз (тривалістю до 1 хвилини) регулюється індивідуально.

Проведення фізичних вправ з дозованим навантаженням протягом робочого дня рекомендується індивідуально, залежно від відчуття втоми. Гімнастика спрямована на корекцію вимушеної пози, поліпшення венозного

кровообігу, часткове заповнення дефіциту рухової активності. М'язові зусилля комплексу вправ – помірні, темп середній. Після закінчення гімнастики необхідний пасивний відпочинок, тривалістю в 2-3 хвилини перед роботою.

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з ВДТ не повинна перевищувати 4 години.

У приміщеннях з КТ повинен бути забезпечений 3-кратний обмін повітря в годину. Для забезпечення постійних параметрів мікроклімату (температури, вологості, швидкості руху і чистоти повітря) в приміщеннях можуть бути встановлені побутові кондиціонери типу БК-1500, БК-2000, БК-2500 та ін.

Приміщення з КТ повинні мати природне і штучне освітлення. При незадовільному освітленні знижується продуктивність праці користувачів КТ, можлива поява короткозорості, швидка стомлюваність.

Природне освітлення в приміщеннях з КТ має відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерного обладнання будівель і споруд. Природне і штучне освітлення ». Природне освітлення повинно здійснюватися через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ або північний схід і забезпечувати коефіцієнту природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, повинні бути передбачені сонцезахисні пристрої, на вікнах повинні бути жалюзі або штори. Задовільний природне освітлення легше створити в невеликих приміщеннях на 5-8 робочих місць.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними комп'ютерними РС, має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У виробничих і адміністративно-громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення.

Для загального освітлення слід застосовувати світильники серії ЛПО 36 з дзеркальними ґратами, укомплектовані високочастотними пуско-регулюючими апаратами (ВЧ ПРА). Застосування світильників без розсіювачів та екрануючих ґрат не допускається.

Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° з вертикаллю в подовжній і поперечній площинах повинна складати не більше 200 кд / м, захисний кут світильників - не менше 40° .

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних ПК, повинні відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» і ДСН 3.3. 6-037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Під час виконання робіт з ПК у виробничих приміщеннях значення характеристик вібрації на робочих місцях не повинні перевищувати допустимі згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин »і ДСН 3.3.6-039-99« Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації ».

Системи опалення та системи кондиціонування слід встановити так, щоб ні теплий, ні холодне повітря не направлявся на людей. На виробництві рекомендується створювати динамічний клімат з певними перепадами показників. Температура повітря в поверхні підлоги і на рівні голови не повинна відрізнятися більш ніж на 5 градусів. У виробничих приміщеннях крім природної вентиляції передбачають припливно витяжну вентиляцію. Основним параметром, що визначає характеристики вентиляційної системи, є кратність обміну, тобто скільки разів за годину зміниться повітря в приміщенні.

Нижче наведено розрахунок повітрообміну:

V_1 – об'єм повітря необхідний для обміну ;

V_2 – обсяг робочого приміщення.

Для розрахунку приймемо такі розміри робочого приміщення:

довжина $B = 7,35$;

ширина $A = 4,9\text{м}$;

висота $H = 4,2\text{м}$.

Відповідно обсяг приміщення дорівнює:

$$V_2 = A \cdot B \cdot H = 151,263 \text{ куб. м.}$$

Необхідний для обміну об'єм повітря V_1 вент визначимо виходячи з рівняння теплового балансу:

$$V_1 \cdot C \cdot (t_{yx} - t_{пр}) \cdot Y = 3600 \cdot Q_{над},$$

де $Q_{над}$ – надлишкова теплота (Вт);

$C = 1000$ – питома теплопровідність повітря (Дж / КГК);

$Y = 1,2$ – щільність повітря (мг / см);

t_{yx} – температура уходящего воздуха, град;

$t_{пр}$ – температура приходящего воздуха, град.

Температура повітря, що йде визначається за формулою:

$$t_{yx} = t_{pm} + (H - 2)t,$$

де $t = 1-5$ градусів – перевищення t на 1 м висоти приміщення;

$t_{pm} = 25$ градусів – температура на робочому місці;

$H = 4,2$ м – висота приміщення;

$t_{\text{пр}} = 18$ градусів.

Тоді:

$$t_{\text{yx}} = 25 + (4,2 - 2)2 = 29,4$$

Далі:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{над.1}} + Q_{\text{над.2}} + Q_{\text{над.3}}$$

де $Q_{\text{над.1}}$ – надлишок тепла від електрообладнання та освітлення.

$$Q_{\text{над.1}} = E \cdot p,$$

де E – коефіцієнт втрат електроенергії на тепловідвід ($E = 0,55$ для освітлення);

p – потужність, $p = 40 \text{ Вт} \cdot 15 = 600 \text{ Вт}$.

Тоді

$$Q_{\text{над.1}} = 0,55 \cdot 600 = 330 \text{ Вт.}$$

де $Q_{\text{над.2}}$ – теплопоступлення від сонячної радіації.

$$Q_{\text{над.2}} = m \cdot S \cdot k \cdot Q_{\text{с}},$$

де m – число вікон, прийmemo $m = 4$;

S – площа вікна, $S = 2,3 \cdot 2 = 4,6 \text{ кв.м}$;

k – коефіцієнт, що враховує скління. Для подвійного скління $k = 0,6$;
 $Q_c = 127 \text{ Вт / м}$ – теплопоступлення від вікон.

Тоді

$$Q_{\text{над.2}} = 4,6 \cdot 4 \cdot 0,6 \cdot 127 = 1402 \text{ Вт.}$$

де $Q_{\text{над.3}}$ – тепловиділення людей.

$$Q_{\text{над.3}} = n \cdot q,$$

де $q = 80 \text{ Вт / чел.}$,

n – число людей, наприклад, $n = 15$.

$$Q_{\text{над.3}} = 15 \cdot 80 = 1200 \text{ Вт}$$

В результаті отримуємо:

$$Q_{\text{над}} = 330 + 1402 + 1200 = 2932 \text{ Вт}$$

Тоді з рівняння теплового балансу слідує:

$$V_1 = 3600 \cdot 2932 / 1000 \cdot (29,4 - 18) = 926 \text{ куб. м.}$$

Розрахунок кратності

$$\text{Кратність} = V_1 / V_2 = 6,12.$$

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Згідно СНиП 2.09.02-85 "Виробничі будівлі" виробничо лабораторне будівля повинна мати ступінь вогнестійкості не нижче III. Категорія вибухо-пожежобезпеки – Д.

У приміщеннях і коридорах слід передбачати димовиділення на випадок пожежі відповідно до СНиП 2.04.05-86.

Для евакуації людей у разі виникнення пожежі СНиП 2.09.02-85 допускає організацію одного евакуаційного виходу з приміщення, розташованого на будь-якому поверсі (крім підвальних та цокольного), якщо цей вихід веде до двох евакуаційних виходів з поверху, відстань від найбільш віддаленого робочого місця до виходу з приміщення не перевищує 25 м і чисельність працюючих в найбільш численній зміні не перевищує 25 чол.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу з приміщення безпосередньо назовні або в сходову клітку для будівель категорії Д не регламентується.

Згідно ГОСТ 12.1.004-91, пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системами запобігання пожежі, протипожежного захисту та організаційно-технічними заходами.

Системи пожежної безпеки повинні характеризуватися рівнем забезпечення пожежної безпеки людей та матеріальних цінностей, а також виконувати одну з наступних завдань: виключати виникнення пожежі; забезпечувати пожежну безпеку людей і / або матеріальних цінностей.

Об'єкти повинні мати системи пожежної безпеки, спрямовані на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі, в тому числі їх вторинних проявів на необхідному рівні.

Під активною боротьбою з пожежею розуміють гасіння пожежі з застосуванням засобів пожежогасіння. До цих засобів відносять різні вогнегасники, їх ділять по типу наповнення на порошкові і вуглекислотні,

пісок, негорючі матеріали, будь-які матеріали та засоби, які перешкоджають поширенню вогню і горіння матеріалів.

Небезпечними факторами пожежі, які впливають на людей і матеріальні цінності, є: полум'я та іскри; підвищена температура навколишнього середовища; дим; знижена концентрація кисню.

До вторинних проявів небезпечних факторів пожежі, яке впливає на людей і матеріальні цінності, відносяться: осколки, частини зруйнованих апаратів, агрегатів, установок, конструкцій; токсичні речовини і матеріали, що вийшли із зруйнованих апаратів і установок; електричний струм, що виник в результаті винесення високої напруги на струмопровідні частини конструкцій, апаратів, агрегатів; вогнегасники речовини.

Електрична проводка в будівлі повинна бути ізольована, так як це знижує ризик виникнення замикання і виникнення в результаті цього вогню. Кабель, провід повинен бути прокладений по негорючому основі. Для того, щоб знизити ризик короткого замикання встановлюють прилади УЗО, автоматичні, плавкі запобіжники. Газові й електричні плити повинні бути ізольовані від дерев'яних меблів. Розетки на зовнішніх стінах будівлі і в санвузлах повинні бути ізольовані від попадання вологи.

Так як в ПК використовується електроніка, то виниклу пожежу не можна гасити водою, так як це може призвести до короткого замикання і виникнення нових вогнищ пожежі. Для гасіння електроустановок використовують вуглекислий газ, піну або порошкові склади. Первинним засобом пожежогасіння вуглекислим газом є ручні вогнегасники типу ОУ-2, ОУ-5. Для гасіння вогню необхідно застосовувати вогнегасники цих типів.

Для виявлення початкової стадії загоряння та оповіщення служби пожежної охорони використовуються системи автоматичної пожежної сигналізації (АПС). Крім того, вони можуть самостійно пускати в хід установки пожежогасіння, коли пожежа ще не досяг великих розмірів. Системи АПС складаються з пожежних сповіщувачів, ліній зв'язку та прийомних пультів (станцій).

Ефективність застосування систем АПС визначається правильним вибором типу сповіщувачів та місць їх установки. При виборі пожежних сповіщувачів враховувалися конкретні умови їх експлуатації: особливості приміщення і повітряного середовища, наявність пожежних матеріалів, характер можливого горіння, специфіка технологічного процесу і т.п.

Відповідно до "Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств" приміщення кімнати, як і суміжні приміщення, обладнуються димовими пожежними сигналізаціями, оскільки в приміщеннях на початку пожежі при горінні різних пластмасових, ізоляційних матеріалів і паперових виробів виділяється значна кількість диму і мало теплоти.

Об'єкти будівлі, в якому знаходиться кімната, крім АПС обладнані установками стаціонарного автоматичного пожежогасіння. Найбільш доцільно застосовувати установки газового гасіння пожежі, дія яких заснована на швидкому заповненні приміщення вогнегасною газовим речовиною з різким зниженням вмісту в повітрі кисню.

4.5 Заходи щодо забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях

Одним з найважливіших заходів щодо забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях є заходи щодо оповіщення населення і виробничого персоналу про виникнення надзвичайної ситуації.

Сигнали оповіщення служать для своєчасного доведення до органів цивільної оборони розпоряджень та інформації про евакуацію, повітряний напад противника, радіаційної небезпеки, розробляється і затверджується (біологічному) зараження, загрозу затоплення, початку розосередження і ін.

Новітні технології дозволяють негайно визначити не тільки місце і напрям руху носія (літак, вертоліт, ракета і т.д.) зброї нападу, а також час його підльоту. Подібні технології забезпечує передачу сигналу по системі оповіщення до штабів цивільної оборони та об'єктів.

Сигнали оповіщення застосовуються головним чином в разі раптового нападу противника, коли реальне час для попередження населення буде вкрай обмеженим і обчислюватися хвилинами.

Відомо, що своєчасне оповіщення населення дає можливість укриття його за 10-15 хвилин безпосередньо після оповіщення. Внаслідок чого знижуються втрати людей з 85% до 4-7% при раптовому застосуванні противником зброї масового ураження. Тому захист населення, в першу чергу, залежить від добре організованої системи оповіщення, організація якої покладається на штаби цивільної оборони.

Сповіднення виробляються всіма видами зв'язку: телебаченням, радіомовленням, застосуванням спеціальної апаратури і засобів для подачі звукових і світлових сигналів. Негайно даються вказівки про порядок дій населення і їх формувань, обмовляється приблизний час початку випадання радіоактивних опадів, час підходу зараженого повітря, а також вид отруйних речовин. Проголошені вищим штабом сигнали дублюються всіма підлеглими штабами.

Існує ряд сигналів, які служать для оповіщення населення міст і сільських населених пунктів про виникнення безпосередньої небезпеки застосування супротивником ядерного, хімічного, бактеріологічного (біологічного) або іншої зброї: "Повітряна тривога" "Відбій повітряної тривоги"; "Радіаційна небезпека"; "Хімічна тривога".

У містах встановлюються різноманітні сигнальні апарати і засоби зв'язку. Завдяки їм за допомогою пульта можна включати гучномовний зв'язок і квартирну радіотрансляційну мережу, а також виробляти виклик керівного складу міста і об'єктів народного господарства по циркулярної телефонної мережі. За допомогою подібних апаратури приймаються розпорядження вищих штабів.

Сигнал "Повітряна тривога". Подібний сигнал подається для всього населення. Даний сигнал сповіщає про небезпеку ураження противником даного міста. За радіотрансляційної мережі передається текст: "Увага! Увага!

Громадяни! Повітряна тривога! Повітряна тривога! "Ця трансляція супроводжується звуком сирен, гудками заводів і транспортних засобів. Тривалість сигналу 2-3 хвилини. При подачі цього робочі припиняють роботу відповідно до встановленої інструкцією і вказівками адміністрації, що виключають виникнення аварій, але якщо по технологічним вимогам безпеки не можна зупинити виробництво, залишаються чергові, для яких будуються індивідуальні притулки. Зупиняється транспорт і все населення ховається в захисних спорудах. При повідомленні даними сигналом населенню необхідно дотримуватися спокою. Дотримання правил поведінки по цьому сигналу значно скорочують втрати людей.

Сигнал "Відбій повітряної тривоги", цей сигнал оповіщається органами цивільної оборони. Передається наступний текст по радіотрансляції: "Увага! Увага, громадяни! Відбій повітряної тривоги. Відбій повітряної тривоги ". При надходженні цього сигналу населенню дозволяється покинути притулку з дозволу комендантів, а робітники можуть приступати до продовження своєї залишеної роботи. У місцях, де противник завдав удари зброєю масового ураження, населенню передається інформація про обстановку, режимах поведінки населення, про вжиті заходи по ліквідації наслідків нападу.

Сигнал "Радіаційна небезпека". Завданням даного сигналу служить оповіщення населених пунктів і районів, до яких рухається радіоактивна хмара, що утворилася при вибуху ядерного боєприпасу. Почувши цей сигнал, необхідно терміново надіти респіратор, ватно марлеву пов'язку, при відсутності даних предметів надіти протигаз. Зібрати заготовлений заздалегідь запас продуктів, індивідуальні засоби медичного захисту, предмети першої необхідності і сховатися в Протирадіаційне притулок.

Сигнал "Хімічна тривога", оповіщення подібного сигналу свідчить про загрозу або виявленні хімічного або бактеріологічного нападу. Необхідно негайно надіти протигаз і сховатися в захисній споруді, за відсутності подібних споруд необхідно скористатися житловими, виробничими або підсобними приміщеннями. При використанні противником бактеріологічної

зброї, по системах оповіщення населення негайно отримає додаткові відомості про подальші дії. Слід дотримуватися всіх вимог органів цивільної оборони, а також виконувати їх розпорядження і після того як небезпека минула.

Основний спосіб оповіщення населення про небезпеку головним чином проводиться за допомогою радіо і телебачення. Наведемо приклади оповіщення про різні небезпеки.

У разі поведі інформація про небезпеку буде сповіщена наступним текстом: "Увага! Говорить штаб цивільної оборони району. Громадяни! У зв'язку з раптовим підвищенням рівня води в річці Серебрянка очікується підтоплення будинків в районі вулиць Некрасова, Річкова, Залізнична і селища Північний. Населенню цих вулиць і селища зібрати необхідні речі, продукти харчування на 3 дні, воду, відключити газ і електроенергію і вийти в район школи № 7 для реєстрації на збірному евакопункті і відправки в безпечні райони ". У разі аварії на АЕС інформація про небезпеку буде сповіщена наступним текстом: "Увага! Говорить штаб цивільної оборони району. Громадяни! Сталася аварія на атомній електростанції. В районі міста Запоріжжя очікується випадання радіоактивних речовин. Населенню селища знаходитися в житлових будинках. Провести герметизацію приміщень і підготуватися до евакуації. Надалі діяти відповідно до вказівок штабу ГО ".

При аварії на хімічному об'єкті: "Увага! Говорить штаб цивільної оборони міста. Громадяни! Сталася аварія на комбінаті з викидом отруйного сильнодіючого речовини - аміаку. Хмара зараженого повітря поширюється в напрямку селища Зарічний. Населенню вулиць Нова, Зелена, Садова знаходитися в будівлях. Провести герметизацію своїх осель. Населенню вулиць Заводська, Ковальська негайно покинути житлові будинки, установи, навчальні заклади та вийти в район озера ім. Леніна. Надалі діяти відповідно до наших вказівок ".

При виникненні загрози нападу противника місцевими органами влади і штабами ГО за допомогою засобів масової інформації передаються

населенню постанови чи розпорядження про порядок дій. З цього часу радіоточки, телевізори повинні бути постійно включені для прийому нових повідомлень. У найкоротші терміни населення має вжити необхідних заходів захисту і включитися у виконання заходів, що проводяться ГО. Дуже важливо відразу уточнити місце найближчого притулку (укриттів) і шляхи підходу до нього. Якщо поблизу немає захисних споруд, потрібно негайно приступити до будівництва найпростішого укриття або пристосуванню заглиблених приміщень (навіть 1-го поверху кам'яного будинку) під укриття. У цій роботі активну участь повинні також прийняти учні старших класів. Необхідно привести в готовність засоби індивідуального захисту, пристосувати підручні засоби, дістати домашню аптечку. У житлових приміщеннях слід провести герметизацію вікон, дверей, провести протипожежні заходи; вжити заходів до запобігання продуктів харчування, води від можливого зараження (забруднення). Необхідно підготувати все найнеобхідніше на випадок евакуації.

В подальшому при безпосередньої небезпеки ударів противника з повітря подається сигнал "Повітряна тривога!" Йому передує сигнал "Увага всім!", А потім засобами радіо і телебачення буде передано: "Увага! Увага! Говорить штаб цивільної оборони. Громадяни! Повітряна тривога! Повітряна тривога! Вимкніть світло, газ, воду, погасіть вогонь в печах. Візьміть засоби індивідуального захисту, документи, запас продуктів і води. Попередьте сусідів і при необхідності допоможіть хворим і старим вийти на вулицю. Якнайшвидше дійдіть до захисної споруди або сховайтесь на місцевості. Дотримуйтеся спокій і порядок. Будьте уважні до повідомлень цивільної оборони"! Сигнал "Увага всім!" Може свідчити наприклад про швидку загрозу радіоактивного або бактеріологічного зараження. У даній ситуації піде коротке повідомлення про порядок дій і правила поведінки.

ВИСНОВКИ

В результаті теоретичних і експериментальних досліджень, а також математичного та комп'ютерного моделювання описані методи підвищення ефективності вейвлет-перетворень при обробці, стисненні і відновлення радіотехнічних сигналів.

Розгляд прийнятої моделі сигналу дозволяє пояснити алгоритм вейвлет-перетворення для дозволу близьких по частоті сигналів, частково або повністю перекривають один одного. Запропонований підхід передбачає відстеження тимчасової еволюції різних складових на основі вейвлет-аналізу дозволяє отримати інформацію про зміни динаміки сигналу, яку складніше зафіксувати на основі аналізу усереднених спектрів потужності. Аналіз складності тимчасової динаміки сигналів може розглядатися в якості додаткового інструменту дослідження сигналів, що дозволяє отримувати більш детальну інформацію про зміни в їх структурі.

Запропонований до розгляду метод визначає обмеженість ний набір характеристик, які не можуть забезпечити якісне рішення задачі розпізнавання імпульсів складної форми при наявності сильних перешкод. Застосування методу аналізу головних компонент має широке поширення, при цьому розглядається метод використовується для візуалізації - уявлення експериментальних даних в наочній формі.

Проаналізовано запропонована модифікація ВФ першого і другого покоління для обробки сигналів. Показано, що можливо відстеження впливу кожного окремо параметра на властивості (зокрема, на форму) АЧХ ВФ. Розроблені високоефективні методи і алгоритми стиснення інформації, дозволяють підвищити ступінь стиснення на 5% в порівнянні з існуючими алгоритмами.

За результатами якісної оцінки виявлено, що комбінована інформація про аналізованому сигналі і аналізующем вейвлет міститься в коефіцієнтах вейвлет-перетворення, при цьому вейвлет-аналіз виявляє

об'єктивну інформацію про аналізованому сигналі, з огляду на те, що властивості вейвлет-перетворення не залежать від вибору аналізує вейвлета . Детальний аналіз енергетичних характеристик і обчислення корисних характеристик досліджуваного процесу, переліку властивостей і особливостей сигналу дозволяють виявляти вейвлет-спектри.

Обробка даних з використанням адаптивних пристроїв відрізняється наявністю певної зв'язку параметрів передавальної функції з параметрами вхідних, вихідних та інших додаткових сигналів, при цьому ці властивості адаптивних систем дозволяють приймальні системі самовизначатися і налаштовуватися на оптимальну обробку сигналів.

Підвищення ефективності методики очищення сигналу від шуму і підвищення точності діагностики корисного сигналу досягається застосуванням двох підходів статистичного аналізу властивостей експериментального шумового сигналу. Грунтуючись на статистичних властивостях досліджуваного сигналу виявлені і розглянуті два підходи із застосуванням медіанного фільтра.

Результати аналізу вейвлет-спектрів, побудованих за даними, що містить шуми і випадання, враховують спотворення, зосереджені в основному в нижній, високочастотної частини спектра, при цьому ігнорування області, може призвести до отримання вейвлет спектра слабо залежного від числа осередків гістограми і її спотворень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Малла С. Вейвлети в обробці сигналів. [Текст] / Пер. з англ. С. Малла. – М.: Світ, 2005. – 671 с.
2. Добеши І. Десять лекцій з вейвлета. [Текст] / Пер. з англ. І. Добеши. – Іжевськ: НДЦ регулярна і хаотична динаміка, 2001. – 273 с.
3. Астаф'єва Н. Вейвлет аналіз: основи теорії і приклади застосування / Н. Астаф'єва // Успіхи Фізичних Наук. – 166 (1996). – № 11. – С. 1145.
4. Добеши І. Сплески і інші методи локалізації в фазовому просторі / І. Добеши // Матеріали Міжнародного конгресу математиків в Цюріху. – 1999. – С. 84-108.
5. Воробйов В.І. Теорія і практика вейвлет-перетворення. [Текст] / В.І. Воробйов, В.Г. Грібунін. – ВУС, 1999. – С. 1-204.
6. Єгорова Є.В. Вейвлетного алгоритм цифрового стиснення інформації / Є.В. Єгорова // Нелінійний світ. – 2009. – Т.7. – №11. – С. 872-876.
7. Єгорова Є.В. Сучасні напрямки розвитку вейвлет аналізу / Є.В. Єгорова // Праці 58-ї наукової-технічної конференції МІРЕА. – 2009.
8. Єгорова Є.В., Базитах А.В., Пластовскій І.І., Стукас А.В. Цифровое уявлення і стиснення зображень. // Матеріали 10 Міжнародної конференції і виставки «Цифрова обробка сигналів та її застосування», Москва, 26-28 березня 2008 р.
9. Кравченко В.Ф. Новий клас W-систем функцій Кравченко-Рвачева на основі сімейства атомарних функцій / В.Ф. Кравченко // Радіотехніка. – 2005. – №8. – С. 61-66.
10. Новіков Л.В. Основи вейвлет-аналізу сигналів. [Текст] / Л.В. Новіков. – СПб, ІАНП РАН, 1999. – 152 с.
11. Beylkin G, Coifman R, Rokhlin V Comm. Pure Appl. Math. 44 141 (1991).
12. Кравченко В.Ф. Лекції з теорії атомарних функцій і їх додатків. [Текст] / В.Ф. Кравченко. – М.: Радіотехніка, 2003 – 104 с.

13. Басараб М.А. Математичне моделювання фізичних процесів в гіроскопії. [Текст] / М.А. Басараб, В.Ф. Кравченко, В.А. Матвєєв. – М.: Радіотехніка, 2005.
14. Аксяітов М.Х. Аналітичні моделі безперервних зображень / М.Х. Аксяітов, Н.В. Мартинов, Є.В. Єгорова, О.М. Рибаків // Нелінійний світ. – 2017. – Т.15, №3. – С. 65-68.
15. Гуляєв Ю.В., Кравченко В.Ф., Смирнов Д.В. Новий клас вейвлетів на основі атомарних функцій. // Матеріали 5-ї Міжнародної конференції та виставки «Цифрова обробка сигналів та її застосування», Москва, 12-14 березня, 2003 р. С. 6-8.
16. Єгорова Є.В. Підсилювальні модулі передавачів систем зв'язку. // Праці 64-ї наукової сесії, присвяченій Дню радіо, Москва, 13-14 травня 2009 р.
15. Цуніков А.Ю. Проблеми обробки тепловізійних зображень. / А.Ю. Цуніков, Є.В. Єгорова, В.І. Нефедов, А.С. Вікторов, А.Ю. Матвєєв // Електромагнітні хвилі і електронні системи. – 2015. – Т.20, №4. – С. 56-60.
18. Arneodo A, Grasseau G, Holschneider M Phys. Rev. Lett. 61 2281 (1988).
19. Collineau S, Brunet Y Boundary-Layer Meteorology 65 357 (1993).
20. Давидов А.В. Вейвлетного перетворення сигналів. Режим доступу: <http://prodav.narod.ru/wavelet/index.html>
21. Holschneider M J. Stat. Phys. 50 963 (1988).
22. Ососков Г., Шитов А. Застосування вейвлет-аналізу для обробки дискретних сигналів гауссової форми. // Повідомлення ОІЯД P11.97-347, Дубна, 1997 р.
23. Єгорова Є.В., Нефедов В.І. Вейвлетного алгоритм стиснення зображень. // Праці Науково-практичної конференції "Інновації в умовах інформаційно-комунікаційних технологій", Сочі, 1-10 жовтня 2008 р.
24. Altaisky M. On Standard and Non-Standard Applications of Wavelet Analysis // JINR Rapid Communications. – 1995. – Vol. 74, № 6. – P. 35-60.

25. Ososkov G., Shitov A. Gaussian Wavelet Features and their Applications for Analysis of Discretized Signals // Computer Physics Communications. – 2000. – Vol. 126. – P. 149-157.
26. Нефедов В.І., Тарасов І.Є., Єгорова Є.В. Математичне і програмне забезпечення багатопроцесорних обчислювальних комплексів в задачах програмно-залежною обробки радіосигналів // Електромагнітні хвилі та електронні системи. – 2012. – Т.17, №8. – С. 45-48.
27. Altaisky M. et al. WASP (Wavelet Analysis of Secondary Particles distributions) package. Long Write Up and User's Guide.
28. Ososkov G., Soloviev A., Shitov A., Stadnik A. JINR Communication, Dubna, 2001.
29. Єгорова Є.В., Пластовскій І.І., Стукас А.В., Нефедов В.І Нелінійні спотворення в підсилюючих СВЧ-модулях. // Матеріали 11-ї Міжнародної науково-технічної конференції і виставки "Цифрова обробка сигналів та її застосування", Москва, 26-28 березня 2009 р.
30. Cohen A., Daubechies I., Vial P. Wavelets on the Interval and Fast Wavelet Transforms. // Applied and Computational Harmonic Analysis 1. – 1993. – P. 54-81.
31. Struzik Z. Revealing Local Variability Properties of Human Heartbeat Intervals with the Local Effective Holder Exponent. Information Systems, INS-R0015, 2000.
32. Єгорова Є.В. Гомоморфності обробка зображень // Електромагнітні хвилі і електронні системи. – 2014. – Т. 19, №3. – С. 38-41.
33. Arneodo A., Grasseau G., Holschneider M. Wavelet Transform of Multifractals // Phys. Rev. Lett. – 1988. – Vol. 61. – P. 2281.
34. Polikar R. Введення в вейвлет-перетворення // Пер. з англ. В.Г. Грібуніна. – СПб, АВТЕКС. Режим доступу: <http://www.autex.spb.ru> .
35. Миронов В.Г., Чобану М.К., Барат В.А. Застосування вейвлет перетворення для цифрової обробки одновимірних і двовимірних сигналів //

Доповіді 4-ї Міжнародної конференції і виставки «Цифрова обробка сигналів та її застосування», Москва, 2002 р. С. 415-417.

36. Ключкин В.І., Чобану М.К. Програмний комплекс для багатошвидкісної обробки двовимірних сигналів // Доповіді 4-ї Міжнародної конференції і виставки «Цифрова обробка сигналів та її застосування», Москва, 2002 р. Т.2. С. 413-415.

37. Дворкович В.П., Дворкович А.В., Іртюга В.А., Тензіна В.В. Нова система мультимідійного мовлення на мобільного абонента // Доповіді 4-ї Міжнародної конференції і виставки «Цифрова обробка сигналів та її застосування» (DSPA'05), Москва, 2005 р. Т.1. С. 185.

38. Алтайський М.В., Крилов В.А. Вейвлет-галеркінські методи розв'язання диференціальних рівнянь в приватних похідних із застосуванням паралельних алгоритмів // Вісник РУДН, Прикладна і комп'ютерна математика. – 2002. – №1. – С.98-106.

39. Єгорова Є.В., Мороз А.Н., Оганян А.Б., Єсін С.В. Теорія і практика вейвлетов в радіотехніці і зв'язку // Матеріали V Міжнародної науково-технічної школи-конференції, Москва, 10-13 листопада 2008 р.

40. Гінзбург В.М. Формування і обробка зображень в реальному часі. [Текст] / Гінзбург В.М. – М.: Радио и связь, 1986. – 232 с.

41. Єгорова Є.В., Нефедов В.І., Пугачов О.І. Методи стиснення зображень на основі вейвлетів. INTERMATIC-2009, ч.4. // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні проблеми радіоелектронного приладобудування», Москва, 7-11 грудня 2009 г. С. 287-288.