

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

радіотехнічних систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: “Метод кодування мовних сигналів для комунікаційних систем”

(назва теми)

(назва теми)

Виконав: студент VI курсу групи *РРм-61*

Спеціальності (напряму підготовки): 172

“Телекомунікації та радіотехніка”

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

	<hr/>	<i>А.А. Згуровський</i>
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Керівник	<hr/>	<i>Б.І. Яворський</i>
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Нормоконтроль	<hr/>	
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Завідувач кафедри	<hr/>	
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(ініціали, прізвище)

м. Тернопіль – 20 20 рік.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем

(повна назва кафедри, циклової комісії)

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки: 172 "Радіотехніка"

(шифр і назва)

Спеціальність 172 "Телекомунікації та радіотехніка"

(шифр і назва)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

В.Л. Дунець

(ім'я, по батькові прізвище)

“ ”

20 20 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Згуровський Артур Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема: “Метод кодування мовних сигналів для комунікаційних систем”

Керівник: Яворський Богдан Іванович, д.т.н., проф., професор кафедри РТ

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

Затверджені наказом по університету від “24” листопада 20 20 року № 4/7-870

2 Термін подання студентом проекту (роботи): грудень 2020 р.

3 Вихідні дані роботи: Об'єкт дослідження: процес функціонування фазових вокодерів

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

Розділ 1 Аналітична частина

Розділ 2 Основна частина

Розділ 3 науково-дослідницька

Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод кодування мовних сигналів для комунікаційних систем» // Кваліфікаційна робота // Згуровський Артур Андрійович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РРм-61 // Тернопіль, 2020 // с. – , рис. – , табл. –, додат. –, бібліогр. – .

Ключові слова: ГОЛОСОВИЙ СИГНАЛ, КОДУВАННЯ, ФАЗОВИЙ СПЕКТР, ВОКОДЕР.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено аналізу методу кодування мовних сигналів для комунікаційних систем. Розглянуто переваги та недоліки відомих методів кодування і виділено переваги фазових вокодерів. Проведено оцінювання параметрів голосових сигналів, що використовуються при кодуванні їх в фазових вокодерах.

ANNOTATION

Theme of qualification work: "Method of coding speech signals for communication systems" // Qualification work // Zghurovskyi Artur Andriiovych // Ternopil National Technical University of Ivan Pulyuy, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group PPM-61 // Ternopil, 2020 // with. - ,fig. -, table. -, added. -, bibliogr. -.

Key words: VOICE SIGNAL, CODING, PHASE SPECTRUM, VOCODER.

The master's thesis is devoted to the analysis of the method of coding speech signals for communication systems. The advantages and disadvantages of known coding methods are considered and the advantages of phase vocoders are highlighted. The parameters of voice signals used in their encoding in phase vocoders are evaluated.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- ГС – голосовий сигнал;
- АДМ – адаптивна дельта модуляція;
- КЛП – коефіцієнти лінійного передбачення;
- ЦСП – цифрових сигнальних процесорів;
- ОЗП – оперативний запам'ятовуючий пристрій;
- ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій;
- УЕО – усереднена експертна оцінка;
- ДОТ – детектор основного тону;
- ГШ – генератор шуму;
- ФНЧ – фільтр низької частоти;
- ОТ – основний тон;
- LPC – Linear Prediction Coding.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

- 1.1 Задача побудови вокодерів.....
- 1.2 Характеристики та структурні параметри голосу.....
- 1.3 Висновки до розділу 1.....

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....

- 2.1 Параметризація мовного сигналу.....
- 2.2 НТК - архітектура і можливості.....
- 2.3 Технологія моделювання систем розпізнавання мови з застосуванням інструментарію НТК.....
- 2.4 Результати експериментальних досліджень.....
- 2.5 Висновки до розділу 2.....

РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....

- 3.1 Вимірювання параметрів фільтрів мовних сигналів.....
- 3.2 Вимірювання частоти основного тону.....
- 3.3 Формування збудливого сигналу.....
- 3.4 Синтез: відновлення мовного сигналу.....
- 3.5 Висновки до розділу 3.....

РОЗДІЛ 4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....

- 4.1 Метрологічне забезпечення наукового дослідження.....
- 4.2 Побудова прикладного програмного забезпечення для розв'язування наукової задачі.....
- 4.3 Висновки до розділу 4.....

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....

- 5.1 Охорона праці.....
 - 5.1.1 Планування заходів з охорони праці. Види планування та контролю стану охорони праці.....
 - 5.1.2 Особливості розслідування та обліку нещасних випадків

невиробничого характеру.....	
5.1.3 Пожежна сигналізація і зв'язок. Засоби гасіння пожеж. Протипожежне водопостачання. Первинні засоби пожежогасіння Автоматичні засоби пожежогасіння на об'єктах галузі.....	
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	
5.3 Висновки до розділу 5.....	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час спостерігається активний розвиток і впровадження нових засобів зв'язку і телекомунікацій, зокрема, сучасних цифрових телефонних мереж і відповідного абонентського обладнання, а також розвиток комп'ютерної телефонії та супутникових засобів зв'язку. Використання цифрових методів подання, обробки і передачі призводить до багаторазового збільшення займаної смуги частот і, як наслідок цього, до багаторазового збільшення швидкості передачі інформаційних повідомлень. Крім того, інформація в переважній більшості випадків носить приватний, конфіденційний характер, тому все частіше до передавальної апаратури і каналів зв'язку ставиться вимога забезпечення захисту інформації, що передається, від несанкціонованого доступу.

Вирішення проблеми лежить в області розробки ефективних методів цифрового перетворення - стиснення (кодування) різних повідомлень, що є, як правило, нестационарними випадковими процесами. Оскільки голос є найбільш поширеним аналоговим інформаційним повідомленням, питання стиснення (цифрового кодування) голосових сигналів є найбільш актуальними і традиційними. При цьому актуальним є розроблення методів оцінювання голосових сигналів для побудови фазових вокодерів, які сьогодні є найбільш перспективними в плані кодування голосових сигналів.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розроблення кодування мовних сигналів для комунікаційних систем. Досягнення поставленої мети здійснюється вирішенням наступних основних завдань:

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз літературних джерел за тематикою досліджень;
- провести аналіз способів кодування голосових сигналів;
- провести аналіз принципів функціонування вокодерів та порівняння їх можливостей;
- обґрунтувати доцільність проектування фазових вокодерів;

- розробити метод оцінювання голосових сигналів для задачі побудови фазових вокодерів;
- запропонувати критерій оцінювання похибки відновлення голосового сигналу в фазовому вокодері.

Об'єкт дослідження: процес функціонування фазових вокодерів.

Предмет дослідження: метод оцінювання параметрів голосових сигналів, що застосовуються на окремих етапах проектування фазових вокодерів.

Методи дослідження: статистичний метод, спектрально-кореляційний аналіз, гармонічний аналіз.

Наукова новизна одержаних результатів.

Обґрунтовано методи стиснення, розтягнення, транспонування спектрів шляхом оцінювання амплітудних спектрів та похідних фазових спектрів коротких реалізацій голосових сигналів.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані для розроблення структурних елементів фазових вокодерів.

Апробація результатів. За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на VII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» ТНТУ ім. І. Пулюя, 2019 рік.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Задача побудови вокодерів

Враховуючи стрімкий розвиток інтернет-технологій, IP-телефонії, актуальним є завдання розроблення методів стиснення голосових сигналів для підвищення їх передачі по каналах зв'язку. З цією метою застосовуються пристрої кодування/декодування голосових сигналів – вокодери. Ці пристрої характеризуються значною різноманітністю, що пояснюється великою кількістю методів кодування, що лежать в основі їхнього функціонування. При цьому задача вдосконалення таких пристроїв з метою підвищення їх ефективності, залишається актуальною і сьогодні.

Проведемо аналіз процесу утворення голосових сигналів з метою виділення тих їхніх параметрів, які можуть бути використані для кодування цих сигналів.

1.2. Характеристики та структурні параметри голосу

Мовний, або голосовий сигнал є одним з найскладніших сигналів з усіх існуючих в природі. Голосовий сигнал (ГС) - це процес передачі мовного повідомлення. Мовне повідомлення створюється в мозку людини і за допомогою органу мови випромінюється в навколишній простір у вигляді акустичного сигналу звукового поля. Акустичний сигнал, впливаючи на барабанну перетинку вуха перетворюється в механічний сигнал, а у внутрішньому вусі - в сигнал нервової системи. Таким чином відтворюється початкове повідомлення.

Мова складається з пропозицій, фраз, слів, складів. Найменшою одиницею є звук. Між звуками мови є зв'язок: ймовірність появи кожного звуку залежить як і від попереднього, так і від наступного звуку. Кожній лю-

дині властива своя манера вимовляння звуку. Тому існує кілька тисяч звуків, що відрізняються за суб'єктивним сприйняттям один від одного.

Найменша звукова одиниця мови називається фонемою (буква - це те, що ми читаємо і хочемо вимовити, фонема - те, що фактично вимовляємо). Тому число фонем завжди більше числа букв у всіх мовах. Фонемні діляться на голосні і приголосні звуки. Навколо кожної фонемі групуються її різні можливі варіанти вимови, тому можна визначити межі фонемних областей. Але найчастіше ці межі можуть перекривати одна одну. Таким чином спостерігається змішування звуків.

В процесі голосотворення повідомлення являє собою акустичну хвилю. Джерелом її є артикуляційний апарат людини (рис. 1.1). Повітря проходить через голосові зв'язки, які можуть перебувати в зімкнутому і розімкнутому станах, в результаті чого акустична хвиля набуває імпульсного характеру і надходить в глотку, носову і ротову порожнини. Гортань і ротову порожнину називають голосовим трактом. Результатом роботи голосового тракту є акустичні коливання.

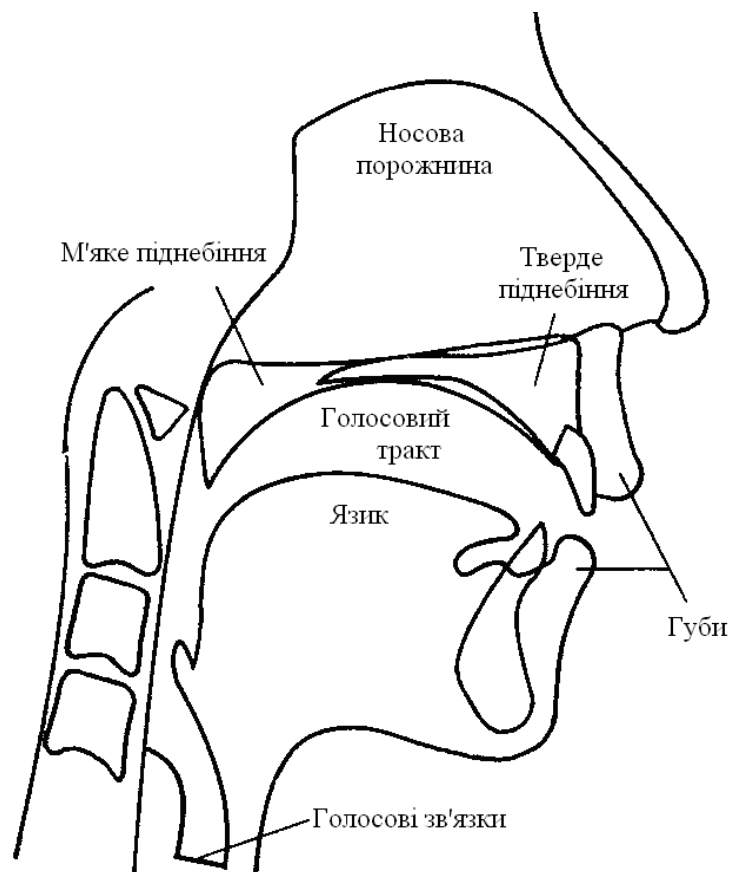


Рис. 1.1. Артикуляційний апарат людини

Голосовий тракт складається з ларингальних, фарингальних, ротових та носових порожнин.

Голосовий тракт і носову порожнину зазвичай представляють у вигляді системи резонаторів (секцій циліндричних труб) зі змінною по поздовжній осі площею поперечного перерізу, яка описується функцією площі поперечного перерізу.

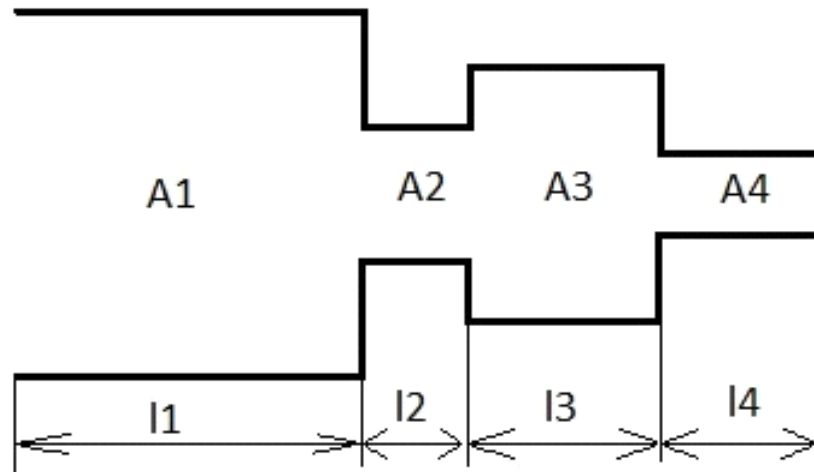


Рис. 1.2. Модель голосового тракту

Для уявлення найпростішої моделі потрібно мати три основних резонатори і один додатковий, для імітації округлості губ (рис. 1.1). Перший резонатор (з площею A_1 і довжиною l_1) імітує гортань і ротову порожнину до звуження, що створюється язиком; другий (A_2 і l_2) - ділянка звуження між язиком і твердим піднебінням; третій (A_3 і l_3) - передню ротову порожнину; четвертий (A_4 і l_4) - прохід між губами. В процесі голосотворення ці розміри постійно змінюються.

Всі звуки мови можуть бути розділені на три групи:

-Вокалізовані - голосні і дзвінкі приголосні звуки. Виникають внаслідок проштовхування повітря через напружені вібруючі голосові зв'язки. Важливою характеристикою сигналу збудження є частота основного тону.

-невокалізовані - глухі приголосні. Утворюються внаслідок збудження при звуженні голосового тракту в будь-якому місці.

-вибухові (смичкові). Ці приголосні характеризуються тим, що утворюються шляхом змички тих чи інших органів артикуляції.

Утворений за допомогою вищеописаних механізмів акустичний сигнал, що називається функцією збудження голосу, може приймати три різні форми: квазіперіодичних імпульсів, безперервного шуму і одиничного імпульсу.

Для утворення мовних звуків функція збудження піддається «фільтрації» в голосовому тракті. Частотна характеристика тракту змінюється через переміщення язика, губ і інших органів артикуляції. Таким чином функцію збудження можна розглядати як несучу, параметри якої безперервно змінюються в часі під впливом модулюючого процесу, в якому міститься вся фонетична інформація.

При вимовленні вокалізованих звуків сигналом збудження є послідовність імпульсів, створюваних змінами в голосових зв'язках. Ці імпульси проходять через голосовий тракт (систему резонаторів), який здійснює фільтрацію сигналу збудження.

При вимовленні шумових звуків сигналом збудження є фрикативний шум, що виникає при терті об стінки ротової порожнини. При вибухових сигнал збудження виникає через ударну дію повітряного струменя на порожнини голосового тракту.

Труби голосового тракту визначаються формантами - резонансними частотами голосового тракту. Форманти залежать від розмірів і форми голосового тракту. Форма голосового тракту може бути охарактеризована формантними частотами (певним спектром). Тобто форманти - це ділянки частотного діапазону близько спектральних максимумів, що визначають розпізнавання і сприйняття конкретних звуків мови.

Людську мову можна представити у вигляді коливань складної форми. Форма коливання залежить від сказаних слів, тембру голосу, інтонації. Подібне коливання можна описати наступними параметрами:

- статистичний розподіл звуків, складів і слів при вимові;
- часові характеристики звуків;
- основний тон;
- спектральні характеристики голосу;
- розподіл формантних частот.

Також ці параметри займають важливе місце при побудові систем кодування мови.

Кожен звук є реалізацією випадкового процесу з певними характеристиками. Тривалість окремих звуків мови становить від 20 до 350 мс. При цьому голосні звуки мають більшу тривалість (в середньому близько 200 мс) ніж приголосні (близько 80 мс, а звук [п] - близько 30 мс). Дзвінкі звуки мови, особливо голосні, мають високий рівень інтенсивності, глухі - низький - в середньому на 20 дБ нижче рівня голосних. Динамічний діапазон рівнів мови знаходиться в межах 35 ... 45 дБ.

Мова з фізичної точки зору складається з послідовності звуків мови з паузами між їх групами. Паузою вважається відсутність мовлення протягом часу, більшого 350 мс. В цілому середня тривалість пауз становить 16% тривалості мови, а середня швидкість мовлення від 10 до 15 звуків в секунду.

1.3.Висновки до розділу 1

Проаналізовано параметри мовних сигналів, що підлягають кодуванню. Встановлено, що всі звуки мови можуть бути розділені на три групи:вокалізовані, нелокалізовані та вибухові (смичкові). Людську мову можна представити у вигляді коливань складної форми. Форма коливання залежить від сказаних слів, тембру голосу, інтонації. Ці параметри підлягають кодуванню у вокодерних системах.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Параметризація мовного сигналу

При використанні лінійної акустичної моделі мовного тракту, мовний сигнал представляють як результат фільтрації збудливого сигналу (створюваного голосовими зв'язками) фільтром зі змінними параметрами (резонансні властивості ротової і носової порожнин). Незважаючи на наближений характер (дана модель не підходить, наприклад, для фрикативних звуків), таку модель широко використовують при створенні систем кодування і розпізнавання мови. На короткому інтервалі часу, близькому 20-30 мс, параметри фільтра можна вважати незмінними, і модель мовного сигналу приймає вигляд звичайної згортки:

$$y(t) = x(t) \otimes h(t), \quad (2.1)$$

де $y(t)$ - мовний сигнал; $x(t)$ - сигнал провокування; $h(t)$ – імпульсна характеристика тракту, \otimes – згортка. Інформативність параметрів імпульсної характеристики $h(t)$ набагато вище інформативності параметрів сигналу збудження $x(t)$. Тому при розпізнаванні мови задачу оцінки параметрів мовного сигналу підміняють завданням оцінки параметрів імпульсної характеристики $h(t)$

У частотній області співвідношенню (2.1) відповідає співвідношення:

$$S_y(f) = S_x(f) \cdot H(f), \quad (2.2)$$

де $S_y(f)$, $S_x(f)$ и $H(f)$ - Фур'є-образи функцій $y(t)$, $x(t)$ і $h(t)$, відповідно.

Якщо ігнорувати фазові властивості мовних сигналів, а також, якщо врахувати, що на інтервалах 20-30 мс мовної сигнал можна вважати стаціонарним випадковим процесом (ССП), тоді замість (2.2) отримаємо:

$$G_Y(f) = G_X(f) \cdot |H(f)|^2,$$

де $G_Y(f)$ і $G_X(f)$ - спектри потужності ССП $y(t)$ і $x(t)$, відповідно

Логарифмуючи обидві частини співвідношення (2.2), отримаємо:

$$\text{Log}(G_Y(f)) = \text{Log}(G_X(f) \cdot |H(f)|^2) = \text{Log}(G_X(f)) + \text{Log}(|H(f)|^2) \quad (2.3)$$

Як бачимо, в Log -області є адитивна суміш, тому виділення тієї її частини, яка містить інформацію про $H(f)$, зводиться до класичної задачі відновлення сигналу з суміші його з шумом шляхом фільтрації:

$$|\tilde{H}(f)|^2 = \exp[F\{C(\tau)w(\tau)\}], \quad (2.4)$$

$$C(\tau) = F^{-1}\{\ln|G_Y(f)|\}, \quad (2.5)$$

де $F\{\bullet\}$ і $F^{-1}\{\bullet\}$ - символи прямого і зворотного Фур'є-перетворень, відповідно; $C(\tau)$ - кепстромовного сигналу; $w(\tau)$ - вагова функція, за допомогою якої «пригнічується» інформація про властивості функції $x(t)$.

Як елементи вектора параметрів мовного сигналу зазвичай приймають вибірки кепстра $C(\tau)$:

$$c_n = C(n\Delta\tau), \quad n = 0 \dots N,$$

де n - номер вибірки; $\Delta\tau$ - крок дискретизації.

Останнім часом практикують розширення вектора параметрів мовного сигналу шляхом приписування до c_n вибірок першої та другої різниць:

$$\theta_{ln,i} = c_{n,i+1} - c_{n,i}, \quad (2.6)$$

$$\theta_{2n,i} = \theta_{1n,i+1} - \theta_{1n,i}, \quad (2.7)$$

де i - номер поточного сегмента мовного сигналу.

Викладена вище схема параметризації мовного сигналу спрощена для полегшення розуміння ідеї параметризації. На практиці параметризацію виробляють дещо по-іншому. Один з широко поширених способів полягає в наступному: вибірку значень кепстра c_n обчислюють через вибірку значень m_j , отриманих шляхом усереднення непараметричної оцінки спектра $G_Y(f)$ трикутними ваговими функціями (рис.2.1):

$$c_n = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{j=1}^N m_j \cos\left(\frac{\pi \cdot n}{N} (j - 0.5)\right). \quad (2.8)$$

Ширина вагових функцій постійна на нелінійної крейда-шкалою частот.



Рис. 2.1. Мел-шкала і усереднюючі трикутні функції

При іншому підході вибірку значень кепстра обчислюють через коефіцієнти α_k , $k = 0 \dots K$, параметричної (авторегрессионной) оцінки спектра мовного сигналу $y(t)$, за допомогою рекурентного співвідношення:

$$c_n = -\alpha_n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i) \alpha_i c_{n-i}. \quad (2.9)$$

коефіцієнти α_k , $k = 0 \dots K$ при цьому знаходять шляхом вирішення системи рівнянь Юла-Уолкера:

$$r_n = -\sum_{k=1}^M \alpha_k r_{n-k} \quad \text{для } 1 \leq n \leq M + 1, \quad (2.10)$$

$$\sigma^2 = r_0 + \sum_{k=1}^M \alpha_k r_{-k} \quad \text{для } n = 0, \quad (2.11)$$

де r_n - вибірки оцінки кореляційної функції сегмента мовного сигналу; σ^2 - оцінка дисперсії білого шуму, що впливає на авторегресійний фільтр, що характеризується коефіцієнтами α_k , $k = 0 \dots K$.

2.2. НТК - архітектура і можливості

Інструментарій НТК розроблений для роботи з Традиційним інтерфейсом у вигляді командного рядка. Хоча стиль роботи з командним рядком може здатися старомодним, в порівнянні з сучасними графічними інтерфейсами користувача, у нього є і багато переваг. Зокрема, з його допомогою простіше писати оболонкові сценарії для управління роботою НТК. Це життєво важливо при побудові великих систем і експериментування з ними. Крім того, визначення всіх операцій з впровадженням текстових команд дозволяє записувати і документувати деталі процедури побудови або експериментування з системою.

2.3. Технологія моделювання систем розпізнавання мови з застосуванням інструментарію НТК

Інструментарій НТК, що складається з набору виконуваних програм-модулів, являє собою так зване консольне застосування, тобто не має графічного інтерфейсу (GUI). У середовищі Windows з інструментарієм НТК можна працювати як в режимі «командного рядка», так і з впровадженням широко поширеного файлового менеджера FAR.

Процес моделювання системи розпізнавання мови складається з трьох основних етапів - підготовка даних, навчання, тестування.

Етап підготовки даних є найбільш трудомістким. Більш того, від ретельності його виконання істотно залежить ефективність створюваної системи розпізнавання мови.

Оскільки для кожної серії експериментів потрібно змінювати шляху до файлів мовного корпусу і файлів сценаріїв, а також, можливо, імена ЦИХ файлів, необхідно попередньо створити величезну кількість файлів конфігурації середовища НТК. Багато процедури обробки вдається автоматизувати, проте ряд процедур все ж доводиться виконувати «вручну».

Підготовка даних.

При підготовці даних необхідно реалізувати наступні процедури:

- опис граматики;
- створення мережі слів;
- складання словників фонем і транскрипції;
- створення файлів міток;
- кодування даних.

Коротенько опишемо ці процедури. Файл граматики (gram), який є вихідними даними для процедури формування так зване мережі слів (рис. 2.3) - це текстовий файл.

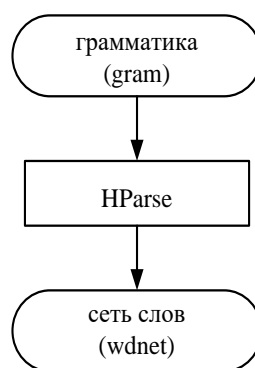


Рис. 2.3. Формування мережі слів

Запис вихідних слів української мови, а також їх транскрипцій в даному випадку проводилася за допомогою символів латиниці, щоб уникнути проблем з обробкою символів кирилиці в середовищі НТК. Однак за-

уважимо, що інструментарій НТК можна доопрацювати так, щоб можна було працювати з символами кирилиці.

Вид формованого з допомогою програми HParse файлу мережі слів wdnet представлений на рис. 5, де N-число вузлів мережі (кількість слів у словнику); L - число дуг, що з'єднують вузли; I - номер вузла; W - відношенню вузлу окреме слово.

З урахуванням словника фонем, що представляє собою текстовий файл з символічним описом всіх фонем, формується словник транскрипцій.

Однією з найбільш трудомістких і відповідальних процедур є створення файлів міток, в яких кожному слову навчального фрагмента мовного корпусу ставиться у відповідність відповідна транскрипція.

Навчання системи розпізнавання

Метою навчання системи розпізнавання є створення зразкового (еталонного) набору так званих прихованих Марковських моделей (СММ) кожної з фонем - файлу hmmdefs, що містить опис множин пов'язаних між собою станів кожної з фонем, які характеризуються середніми значеннями, дисперсіями і можливостями переходу з одного стану в інший. Модель такого роду схематично показана на рис. 2.4.

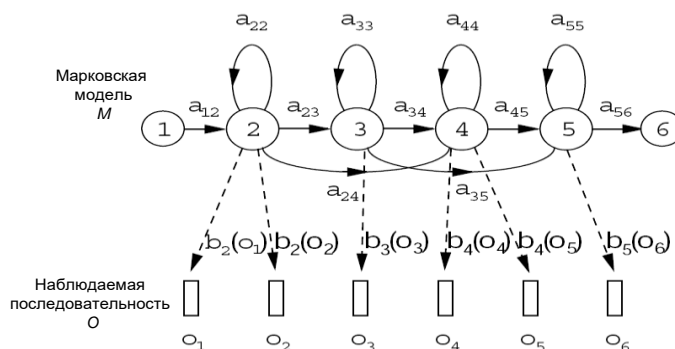


Рис.2.4. Марковська модель

Тестування системи розпізнавання. Після закінчення формування файлу hmmdefs можна вважати, що зроблено головне - отримана «пам'ять» системи розпізнавання, що зберігає розподіл усіх описів всіх фонем мови.

Після цього можна приступати до процедури тестування системи розпізнавання, використовуючи інструмент HVite (Рис. 2.5) і ту частину мовного корпусу, що не використовувалася при навчанні системи.

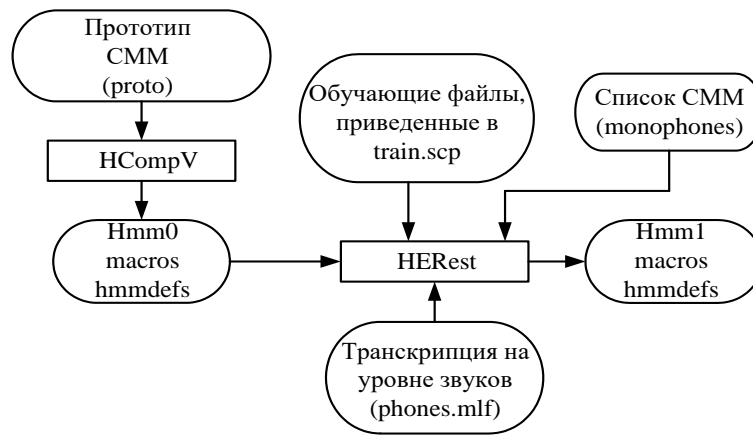


Рис.2.5. Схематичне зображення процесу навчання

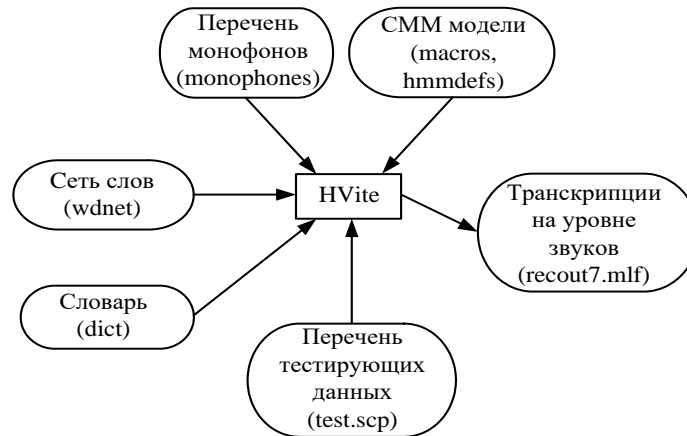


Рис.2.6. Схема тестування системи розпізнавання

Результати розпізнавання записуються в текстовий файл `recout.mlf`. Критерієм якості створеної і тестованої системи розпізнавання служить частка правильно розпізнаних слів. Для автоматизації оцінювання якості розпізнавання служить інструмент `HResults`.

2.4.Результати експериментальних досліджень

Продемонструємо результати експериментального дослідження залежності ефективності системи розпізнавання мови (системи кодування «мова- текст») від кількості кепстральних коефіцієнтів, а також від обсягу навчального словника (рис. 2.7-2.9).

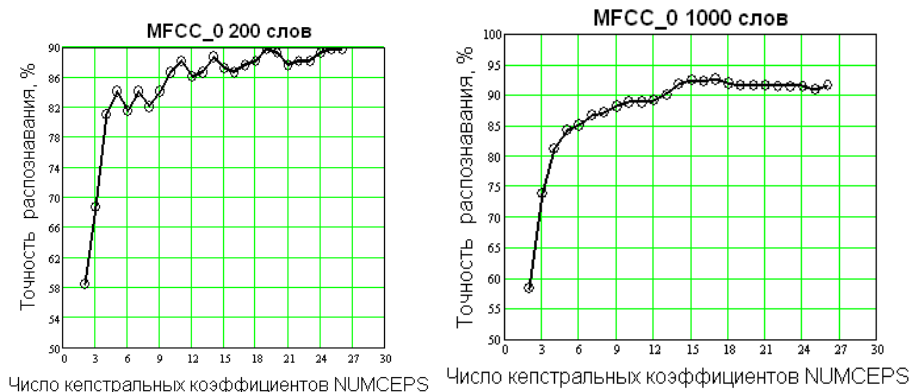
У вироблених в даній роботі дослідженнях фіксувалися такі параметри: `NUMCHANS` = 26 (кількість каналів гребінки фільтрів спектроаналізатора); `CEPLIFTER` = 22 (коефіцієнт масштабування кепстральних

коефіцієнтів); TARGETRATE = 10 мс (інтервал часу, що відповідає одному вектору параметрів); PREEMCOEF = 0.97 (коефіцієнт предискаження).

Варіювалося кількість кепстральних коефіцієнтів NUMCEPS (змінювалося від 2-х до 26). Крім того, змінювався склад вектора параметрів: в вектор входили або тільки крейда - частотні кепстральних коефіцієнти (MFCC_0 = 13), або вектор параметрів розширювався за рахунок додавання дельта-параметрів (MFCC_0_D = 13) і коефіцієнтів прискорення (MFCC_0_D_A = 13).

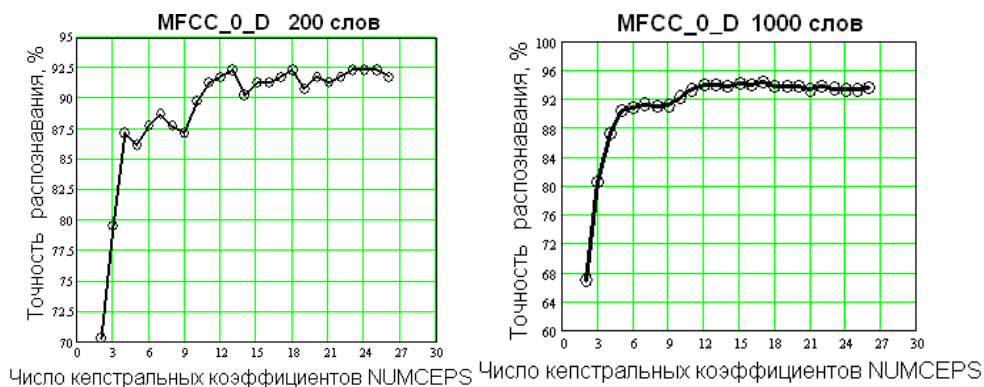
Наведені результати досліджень свідчать, що, починаючи зі значення 15, подальше збільшення кількості вибірок кепстра не призводить до помітного зростання надійності розпізнавання.

Зі збільшенням обсягу словника в 5 разів (з 200 до 1000 слів) надійність розпізнавання при MFCC – параметризації зростає, хоча і незначно (на 2-3%).



аб

Рис. 2.7. Розпізнавання 200 слів (а) і 1000 слів (б) при MFCC_0-параметризації



аб

Рис.2.8. Розпізнавання 200 слів (а) і 1000 слів (б) при MFCC_0_D-параметризації

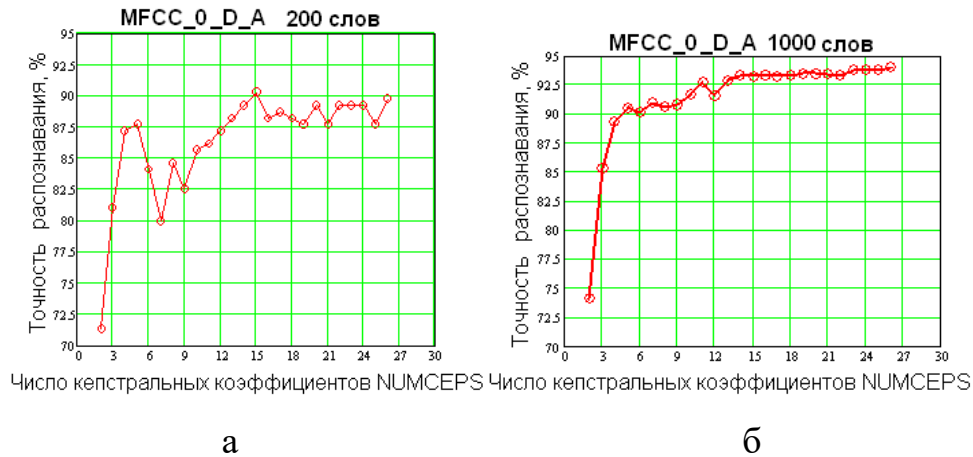


Рис.2.9. Розпізнавання 200 слів (а) і 1000 слів (б) при MFCC_0_D_A-параметризації

2.5. Висновки до розділу 2

Проведено параметризацію мовного сигналу, проаналізовано НТК - архітектуру і можливості. Розглянуто технологію моделювання систем розпізнавання мови з застосуванням інструментарію НТК.

Проведено експериментальні дослідження. Проведено результати оцінювання залежності ефективності системи розпізнавання мови (системи кодування «мова - текст») від кількості кепстральних коефіцієнтів, а також від обсягу навчального словника

Наведені результати досліджень свідчать, що, починаючи зі значення 15, подальше збільшення кількості вибірок кепстра не призводить до помітного зростання надійності розпізнавання.

РОЗДІЛ 3.

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Вимірювання параметрів фільтрів мовних сигналів

Розглянемо кілька конкретних прикладів вимірювання параметрів фільтра в смугових і гомоморфних вокодерах, а також в вокодерах з лінійним передбаченням (ліпредерах).

Смуговий вокодер. Вимірювання АЧХ фільтра зі змінними параметрами в полосном Вокодер зручно робити, використовуючи короткочасний спектральний аналіз і алгоритм ШПФ. У наведеному нижче прикладі мовної сигнал нарізається на неперекриваючіся сегменти протяжністю 128 вибірок (11.6 мс при частоті дискретизації $F_s = 11025$ Гц), для кожного сегмента обчислюється непараметрична оцінка спектра потужності (періодограма). Спектри суміжних сегментів попарно усереднюються, в результаті чого виходить спектрограма з дозволом за часом 23.2 мс і дозволом по частоті приблизно 100 Гц (рис.3.1).

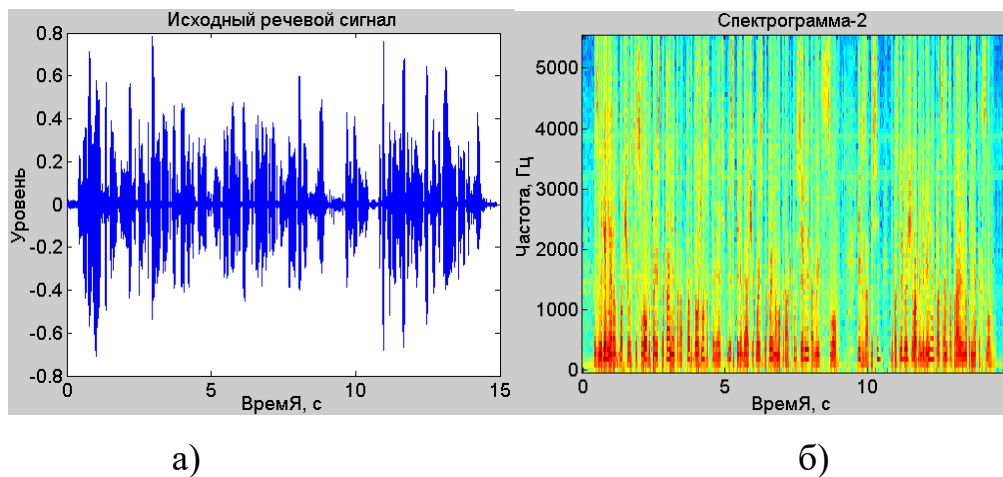


Рис.3.1. Вихідний мовної сигнал і його спектрограма

На рис.3.2 показаний фрагмент вихідного мовного сигналу - слово «вимір», а на рис.3.3 показані оцінки спектрів потужності (дозвіл по частоті близько 100 Гц) першого голосного звуку «і» (рис.3.3.а) і приголосного звуку «з» (рис. 3.5,б) цього слова.

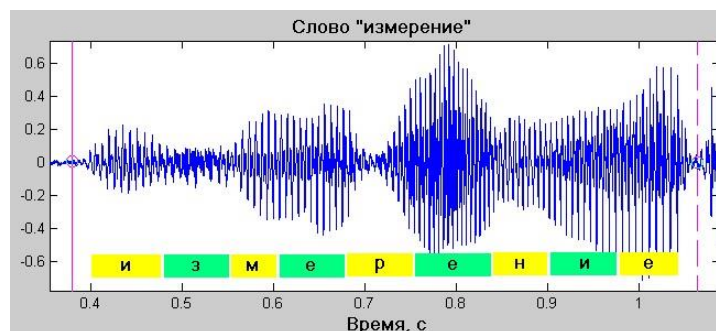


Рис. 3.2. Осцилограма слова «вимір»

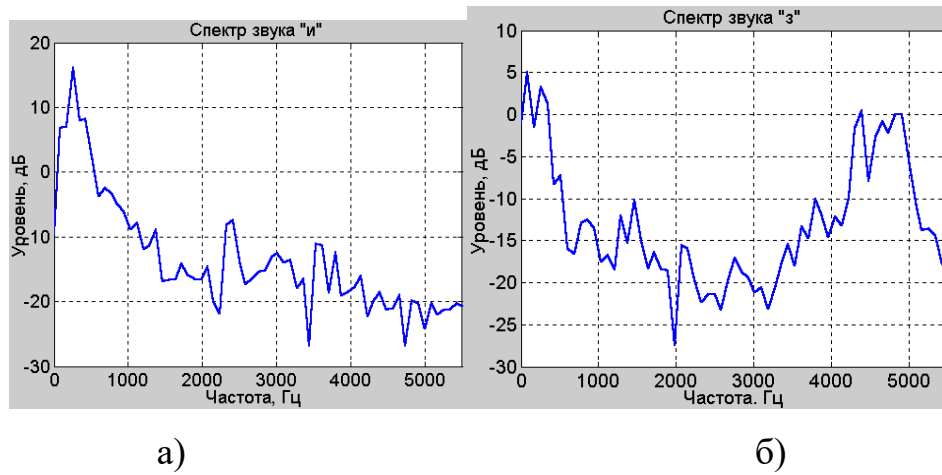


Рис. 3.3. Спектри звуків «і» (а) і «з» (б) слова «вимір»

Гомоморфний вокодер. У гомоморфності вокодера АЧХ фільтра-резонатора вимірюють за допомогою кепстрального аналізу. У наведеному нижче прикладі мовної сигнал нарізається на сегменти протяжністю 512 вибірок, що перекриваються на половину своєї довжини. За цим сегментам обчислюється спектрограма з дозволом по частоті близько 25 Гц і дозволом за часом 23.2 мс (рис.3.4,а).

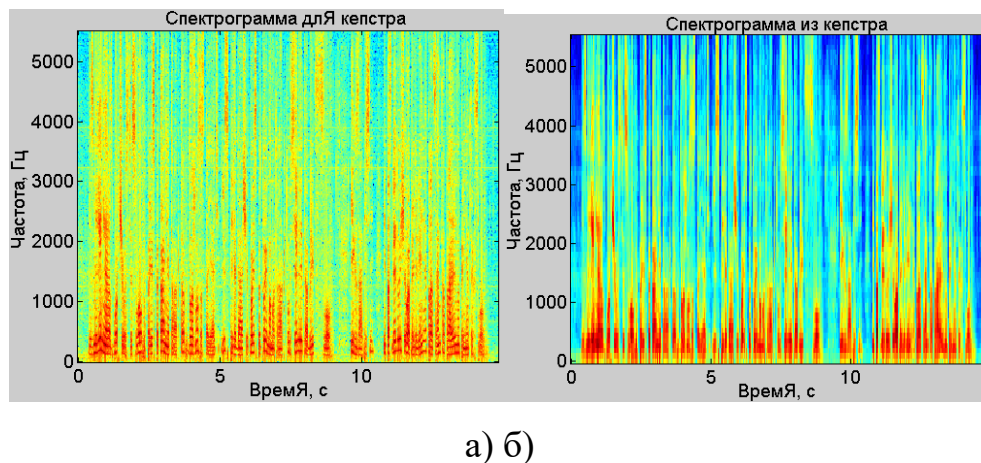


Рис. 3.4. Спектрограми до (а) і після (б) обчислення кепстра

Настільки високий дозвіл по частоті необхідно для збереження інформації про частоту основного тону. Далі для кожного з короточасних спектрів $F_T(f, t) = \int_{t-T}^t x(t) \exp(-j2\pi ft) dt$ спектрограми обчислюється кепстра:

$$C(\tau, t) = F^{-1} \{ \ln |F_T(f, t)| \}, \quad (3.1)$$

де $F^{-1}\{\cdot\}$ - символ зворотного перетворення Фур'є.

Оскільки інформація про формантної складі мовного сигналу міститься в області малих значень τ , оцінку АЧХ фільтра отримують в результаті перетворення Фур'є від кепстра, зваженого вікном $v(\tau)$:

$$H(f, t) = \exp[F\{C(\tau, t)v(\tau)\}].$$

На рис.3.4,б приведена оцінка АЧХ фільтра для трикутного вікна $v(\tau)$ з шириною підстави 128 точок (11.6 мс при частоті дискретизації $F_s = 11025$ Гц).

Щоб краще розглянути відміну наведених на рис.6 спектрограм, наведемо їх спектральні перетини, відповідні голосному звуку «і»: на рис.3.5,а наведено спектр з дозволом 25 Гц, а на рис.7.б - з дозволом 100 Гц.

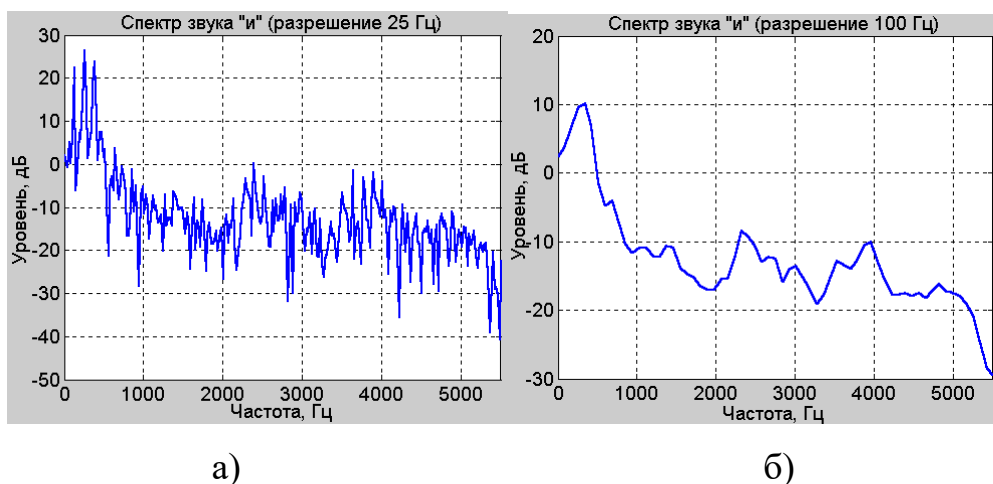


Рис. 3.5. Спектри звуку «і» з дозволом 25 Гц (а) і 100 Гц (б)

В оцінці спектра з більш високою роздільною здатністю чітко проглядається «тонка» структура спектра, що містить інформацію про частоту основного тону.

Вокодер з лінійним передбаченням (ліпредер). В аналізаторі вокодера з лінійним передбаченням вимірюють коефіцієнти нерекурсивні «вибілюють» фільтра. У синтезаторі такого вокодера застосовують рекурсивний фільтр, зворотний «вибілюють».

Завдання визначення коефіцієнтів фільтра, що входить до складу синтезатора вокодера, аналогічне завданню параметричного оцінювання спектра потужності випадкового процесу. Її рішення зводиться до складання і розв'язання рівнянь Юла-Уолкера [3]:

$$r_n = -\sum_{k=1}^M b_k r_{n-k} \quad \text{для } 1 \leq n \leq M+1, \quad (3.2)$$

$$\sigma^2 = r_0 + \sum_{k=1}^M b_k r_{-k} \quad \text{для } n=0, \quad (3.3)$$

де r_n - відліки оцінки кореляційної функції сегмента мовного сигналу, σ^2 - оцінка дисперсії білого шуму, що впливає на що розраховується фільтр.

Знайдені в результаті рішення системи рівнянь (3.2) - (3.3) коефіцієнти b_k і σ - це коефіцієнти рекурсивного фільтра, описуваного рівнянням

$$y_n = \sigma x_n - \sum_{k=1}^M b_k y_{n-k},$$

з передавальною характеристикою

$$H_d(z) = \frac{\sigma}{\sum_{k=0}^M b_k z^{-k}},$$

де x_n - вплив на фільтр у вигляді дискретного білого шуму одиничної дисперсії; y_n - відгук фільтра.

На рис 3.6 наведені приклади результатів обчислень значень і як функцій часу, а на рис.3.7 - приклад результат обчислення АЧХ фільтра-резонатора зі змінними параметрами.

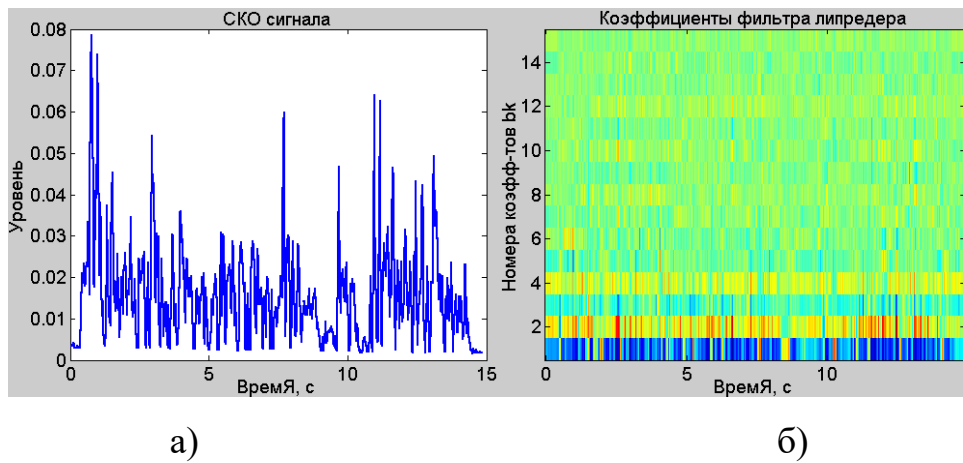


Рис. 3.6. СКО мовного сигналу (а) і коефіцієнти фільтра ліпредера (б)

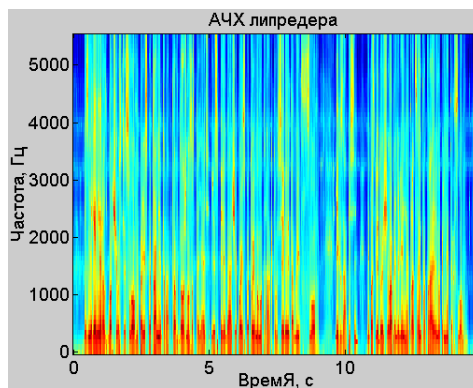


Рис. 3.7. АЧХ фільтра ліпредера

На рис.3.8 показана форма АЧХ фільтра ліпредера для звуків «і» і «з» слова «вимір».

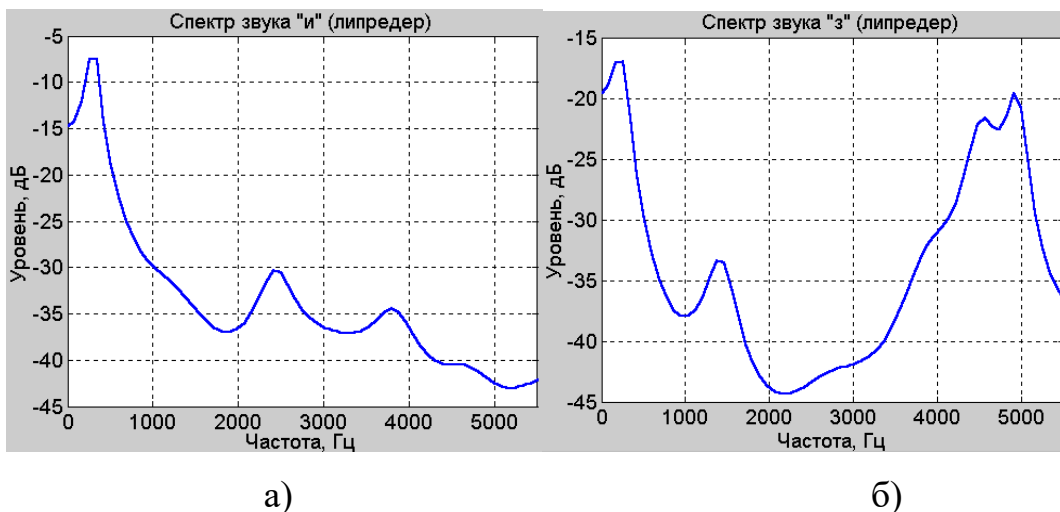


Рис. 3.8. АЧХ фільтра ліпредера для звуків «і» (а) і «з» (б)

Значно більш гладка форма кривих на рис.3.8, в порівнянні з рис.3.4 і рис.3.5, обумовлена невисоким порядком фільтра - в даному випадку він дорівнює 15.

Вимірювання частоти основного тону. З усього розмаїття методів вимірювання частоти основного тону [3,10,11] розглянемо лише два: кореляційний і кепстральних.

Кореляційний метод. Розглянемо тут одну з різновидів кореляційного методу. Виділений сегмент мови (рис.3.9,а) центрирують, потім піддають центральному (з порогом 0.75) кліпуванню (рис.3.9,б), після чого обчислюють АКФ кліпированного сегмента (рис.3.10,б). Координата максимального бічного пелюстка АКФ близька періоду основного тону. Для порівняння, на рис.3.10.а показана АКФ вихідного сегмента мови.

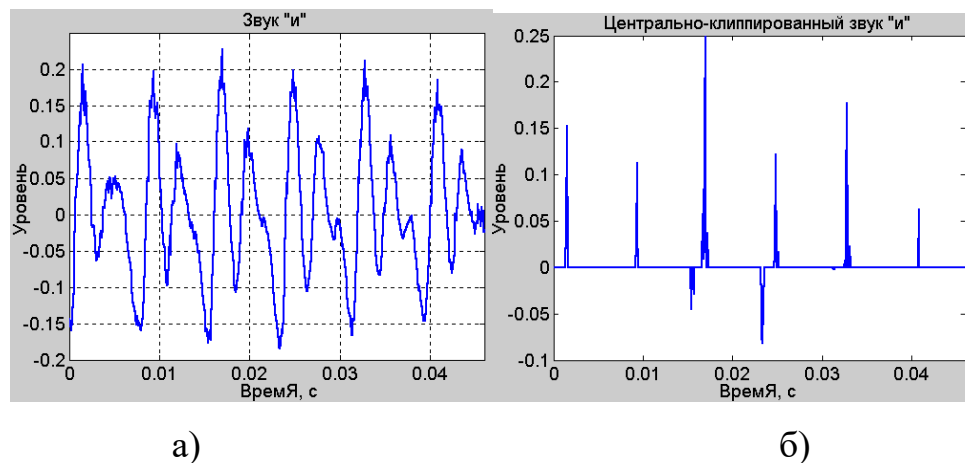


Рис. 3.9. Звук «і» до центрального кліпування (а) і після (б)

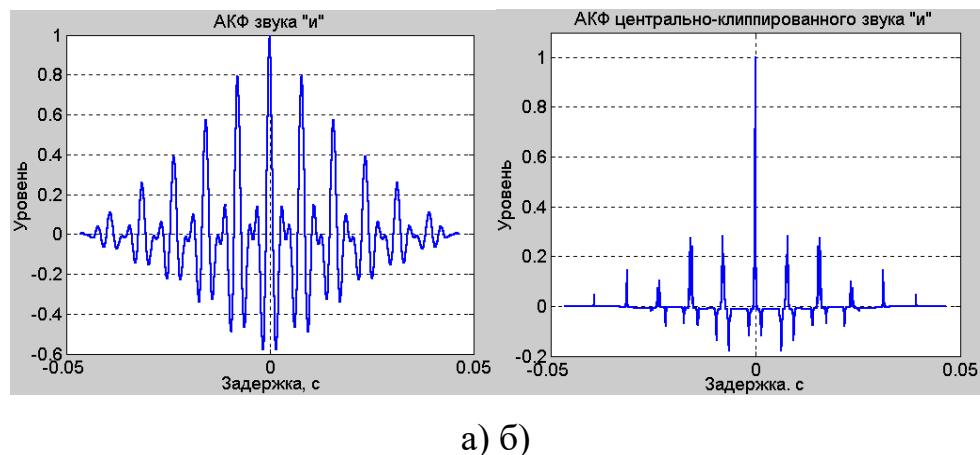


Рис. 3.10. АКФ звуку «і» до кліпування (а) і після (б)

Очевидним є позитивний ефект центрального кліпування - структура кліпованного сигналу і його АКФ значно простіше, що полегшує вимір періоду основного тону.



Рис. 3.11. Результат вимірювань частоти основного тону

Більш того, за рівнем сплеску максимального бічного пелюстка АКФ кліпованного сигналу можна приймати рішення про ступінь вокалізованості звуку - якщо, наприклад, цей рівень перевищує значення 0.2, приймається рішення про наявність голосного звуку, в іншому випадку приймається рішення про наявність приголосного звуку або про паузу.

Кепстральний метод. Принципова відмінність даного методу від кореляційного в тому, що замість оцінки АКФ центрально-кліпированного сегмента мови використовують оцінку кепстра (3.1). На рис.3.12 наведено результат вимірювання кепстрамовного сегмента протяжністю 512 вибірок (звук «і», осцилограма якого наведена на рис.11.а). На наведеному графіку чітко спостерігається сплеск бічної пелюстки кепстра, який відповідає періоду основного тону приблизно 8 мс (частота 125 Гц). Результат вимірювань частоти основного тону кепстральних методом наведено на рис.3.12

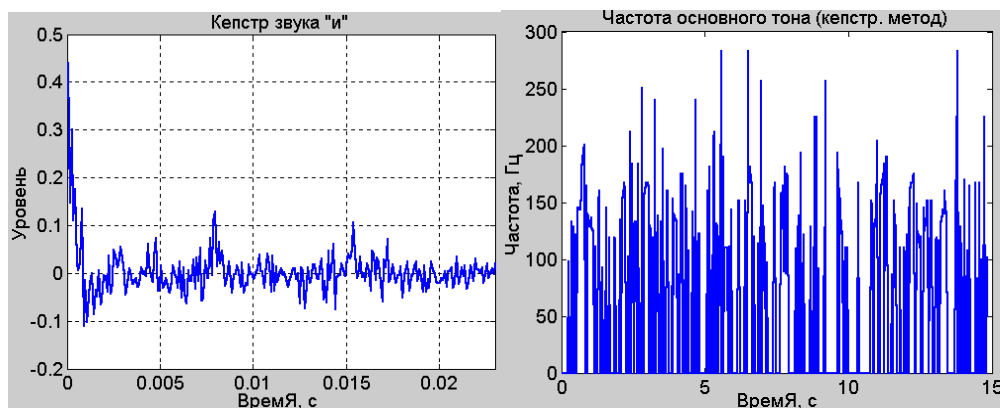


Рис. 3.12. Кепстра звука «і» і частота основного тону

Розглянемо наступні види генеруються в синтезаторі вокодера збуджуючих сигналів: смуговий дискретний білий шум, пилоподібний періодичний сигнал, кліпований мовний сигнал, комбінований сигнал «тон-шум».

Обмежений по смузі дискретний білий шум. В цьому випадку генерування збудливого сигналу (рис.16.а) може бути вироблено командою:

```
n = randn (length (x), 1);
```

де x - масив вибірок мовного сигналу; n - масив вибірок обмеженого по смузі нормального дискретного білого шуму з нульовим середнім і одиничним стандартним відхиленням.

Пилоподібний періодичний сигнал. В цьому випадку генерування проводиться групою команд:

```
f0 = 120; % Частота пили
```

```
in = 1: length (x);
```

```
n = sawtooth (2 * pi * f0 * in / fs, 1 / fs); % Періодичний сигнал (пила)
```

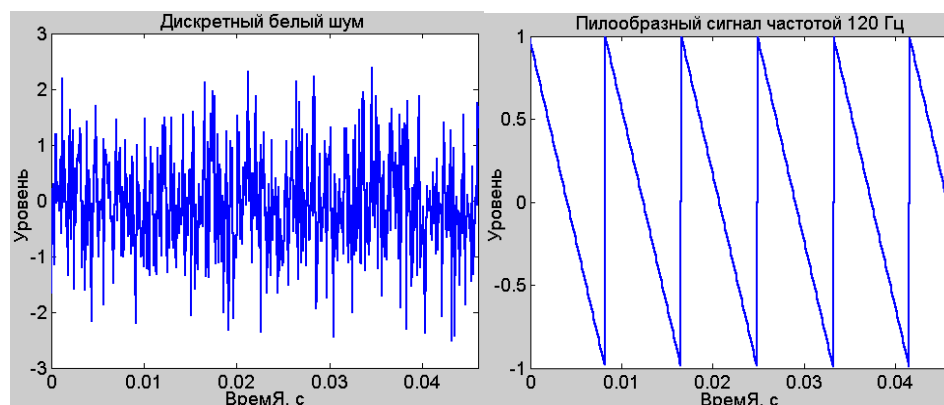
Фрагмент пилоподібного сигналу представлений на рис.3.13.б.

Кліпований мовний сигнал. Такий сигнал можна отримати двома способами. При першому способі потрібно всього один біт для кодування кожної вибірки збудження, що приймає значення 0 або 1 (рис.3.14.а) ,:

```
n = floor ((sign (x) + 1) / 2); % 1-бітове клішування.
```

Другий спосіб дає кліпований сигнал практично тієї ж форми (відсутня лише постійна складова), однак вимагає двох біт на кожну вибірку сигналу:

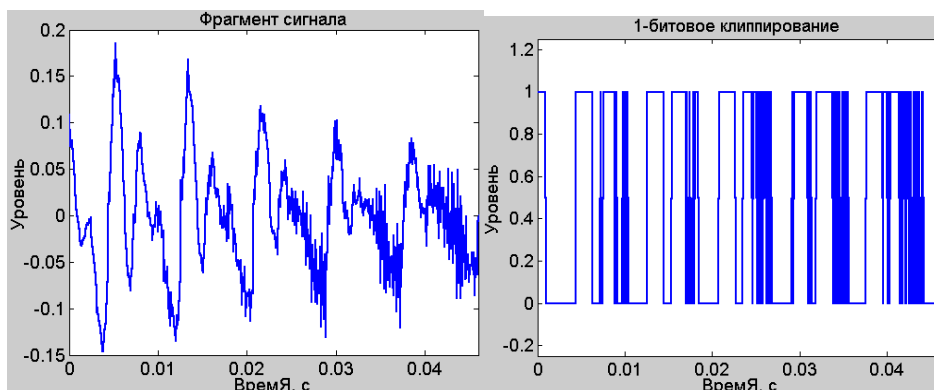
```
n = sign (x); % 2-бітове клішування
```



а)

б)

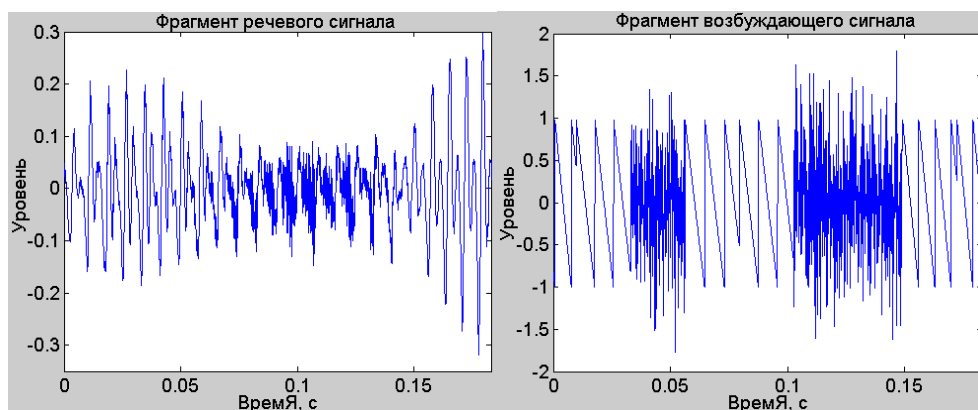
Рис. 3.13. Найпростіші збуджуючі сигнали: шум (а) і пила (б)



а) б)

Рис. 3.14. Мовний сигнал (а) і результат його 1-бітового кліпування (б)

Комбінований сигнал «тон-шум». Для формування такого сигналу потрібна інформація про значення ознаки «голосний - приголосний», а також значення частоти основного тону на інтервалі часу існування голосного звуку. Оскільки на етапі аналізу мовної сигнал нарізався на сегменти протяжністю 256 вибірок, що збуджує сигнал повинен також складатися з сегментів тієї ж протяжності. У наведеному нижче лістингу програми сегменти, відповідні згодним звуків, мають вигляд шуму (рис.3.14.а), а сегменти, відповідні гласним звукам - вид пили (рис.3.13.б), частота проходження зубців якої визначається значеннями елементів масиву Топ.



а)

б)

Рис. 3.15. Фрагменти мовного (а) і збудливого (б) сигналів

На рис.3.15 показані фрагменти мовного і згенерованого збудливого сигналів. Хоча в початковому мовному фрагменті (рис.3.15.а) єдиний приголосний звук оточений двома голосними звуками, в створеному збудливу сигналі (рис.3.15.б) спостерігається два шумових ділянки, оточених ділянками з пилкоподібним сигналом. Місцезнаходження шумових ділянок також не зовсім точно збігається з місцем розташування приголосного звуку. Це свідчить про не дуже якісній роботі алгоритму визначення «голосний-приголосний».

Синтез: відновлення мовного сигналу

Відновлення сегментів мовного сигналу $y[n]$ в синтезаторі вокодера може бути зроблено відповідно до одним з наступних співвідношень:

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k]x[n-k], \quad (3.4)$$

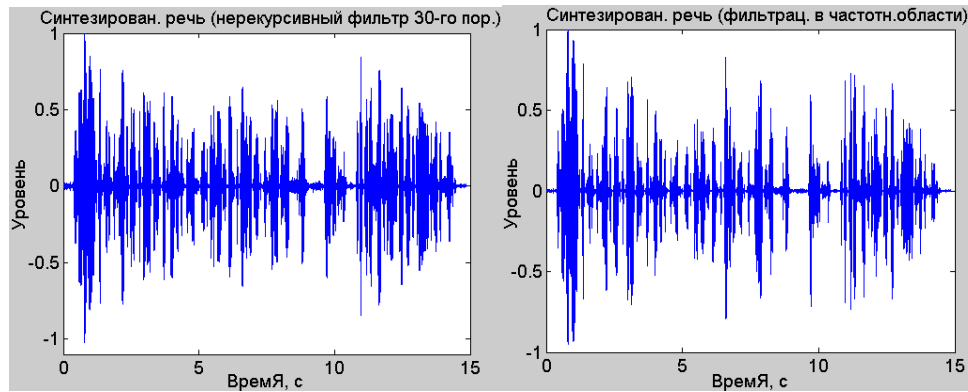
$$y[n] = \sum_{r=0}^{Nfft} H[r]F_x[r] \exp(j \frac{2\pi}{Nfft} rn), \quad (3.5)$$

$$y_n = \sum_{k=0}^N a_k x_{n-k} - \sum_{k=1}^M b_k y_{n-k}, \quad (3.6)$$

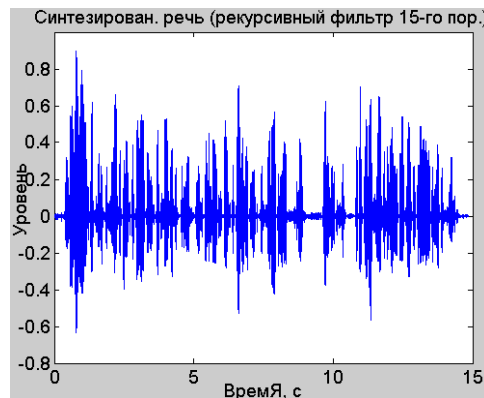
де $h[k]$ і $H[r]$ - імпульсна і частотна характеристики цифрового фільтру, відповідно; $x[n]$ і $F_x[r]$ - збудливий сигнал і його дискретний Фур'є-образ, відповідно; a_k і b_k - коефіцієнти рівняння цифрового фільтру. Кожному відновлюваному сегменту мовного сигналу відповідає свій цифровий фільтр, що слід врахувати в алгоритмі синтезу. Після відновлення сегментів мовного сигналу, їх слід «склеїти», відкидаючи невірні ділянки відновленого сигналу.

У наведеному нижче лістингу синтез мовного сигналу проводиться в тимчасовій області, тобто на базі співвідношення (3.4) і еквівалентного йому, за умови $b_k = 0, k \neq 0$, співвідношення (3.6). При цьому для кожного сегмента впливу за допомогою стандартної функції `fir2` обчислюються, за заданим значенням АЧХ фільтру, коефіцієнти нерекурсивні фільтра

заданого (у що наводиться прикладі - 30-го) порядку. Фільтрація сегмента здійснюється за допомогою стандартної функції `filter`.



а)б)



в)

Рис. 3.16. Відновлені сигнали: нерекурсивний фільтр (а), фільтрація в частотній області (б), рекурсивний фільтр (в)

Порівнюючи між собою рис.3.16.а і 3.16.б, бачимо деякі відмінності форми відновленого сигналу. На слух сигнали також помітно відрізняються - при фільтрації відповідно до співвідношення (3.5) підкреслюються низькочастотні складові (звучання «в бочку») і високочастотні складові (шиплячі приголосні звуки).

На рис.3.16., в представлений сигнал, відновлений за допомогою застосовуваного в ліпредерах рекурсивного фільтра, коефіцієнти якого обчислюються відповідно до співвідношеннями (3.2) - (3.3). На відміну від «класичних» ліпредерів, порушуваних сигналом помилки [2-4], в даному прикладі застосовувався збудливий сигнал у вигляді комбінації «тон-шум», як і в двох попередніх прикладах. В останньому випадку синтезоване

мовлення звучить найкраще, хоча ступінь стиснення інформації про властивості фільтра тут найвища.

3.5. Висновки до розділу 3

Проаналізовано роботу та проведено моделювання в середовищі Matlab смугового кодера, вокодера з лінійним передбаченням. Для цього проведено оцінювання групи параметрів мовних сигналів, які підпадають під кодування в вокодерах. Проведено вимірювання частоти основного тону та розглянуто кепстральний метод визначення характеристик мовних сигналів та оцінено спосіб генерування сигналу збудження.

Також промодельовано процес відновлення мовного сигналу.

РОЗДІЛ 4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

4.1. Метрологічне забезпечення наукового дослідження

Згідно закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність" та ДСТУ 2681-94, метрологічне забезпечення – це установлення та застосування метрологічних норм і правил, а також розроблення, виготовлення та застосування технічних засобів, необхідних для досягнення єдності і потрібної точності вимірювань.

Технічною основою метрологічного забезпечення є:

- система державних еталонів одиниць фізичних величин, яка забезпечує їх відтворення з найвищою точністю;
- система робочих еталонів і зразкових ЗВТ, за допомогою яких здійснюється передача розмірів одиниць фізичних величин робочим ЗВТ;
- система стандартних зразків складу та властивостей речовин та матеріалів, що забезпечує відтворення одиниць фізичних величин, які характеризують склад і властивості речовин і матеріалів;
- система робочих ЗВТ, які використовуються під час розроблення, виробництва, випробувань та експлуатації продукції, наукових досліджень та інших видів діяльності.

Основною метою метрологічного забезпечення є поліпшення якості продукції, підвищення ефективності виробництва, використання матеріальних цінностей та енергетичних ресурсів, а також наукових досліджень.

При проведенні повірки повинні дотримуватися такі умови:

- температура навколишнього повітря $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$;
- атмосферний тиск від 97,3 до 105,3 кПа (від 730 до 790 мм. рт. ст.);
- відносна вологість повітря $(65 + 15)\%$;

- на робочому місці для зменшення електромагнітних перешкод видаляються мережеві кабелі та шнури приладів від схеми перевірки і входних ланцюгів ЕК на відстань не менше 1 м;

- потрібно видалити від робочого місця джерела електромагнітних перешкод, що впливають на роботу засобів повірки. [5]

4.2. Побудова прикладного програмного забезпечення для розв'язування наукової задачі

Система Matlab (скорочення від Matrix Laboratory - матрична лабораторія) є інтерактивною комп'ютерною системою для виконання інженерних і наукових розрахунків, орієнтовану на роботу з масивами даних. Система припускає можливість звернення до програм, які написані на мовах FORTRAN, C і C++.

Привабливою особливістю системи є те, що вона містить вбудовану матричну і комплексну арифметику. Система підтримує виконання операцій з векторами, матрицями і масивами даних, реалізує сингулярний і спектральний розклади, підтримує роботу з поліномами алгебри, вирішення нелінійних рівнянь і задач оптимізації, інтеграція функцій в квадратурі, чисельна інтеграція диференціальних і різницевих рівнянь, побудова різноманітних видів графіків, тривимірних поверхонь і ліній рівня. В ній реалізовано зручне операційне середовище, яке дозволяє формулювати проблеми і отримувати рішення в звичайній математичній формі, не вдаючись до рутинного програмування.

Основний об'єкт системи Matlab - прямокутний числовий масив (матриця), який допускає комплексні елементи. Використання матриць не вимагає явної вказівки їх розмірів.

Система Matlab виконує операції з векторами і матрицями навіть в режимі безпосередніх обчислень без якого-небудь програмування. Нею можна користуватися як найпотужнішим калькулятором, в якому разом із звичайними арифметичними і алгебраїчними діями можуть використовуватися такі складні операції, як повернення матриці, обчислення її власних

значень і векторів, вирішення систем лінійних рівнянь алгебри і багато іншого. Проте, характерна основна особливість системи - легкість її модифікації і адаптації до конкретних задач користувача. Користувач може ввести в систему будь-яку нову команду, оператор або функцію і користуватися потім ними так само просто, як і вбудованими операторами і функціями.

В базовий набір слів системи входять: спецзнаки; знаки арифметичних і логічних операцій; арифметичні, тригонометричні і деякі спеціальні математичні функції; функції швидкого перетворення Фур'є і фільтрації; векторні і матричні функції; засоби для роботи з комплексними числами; оператори побудови графіків в декартовій і полярній системах координат, тривимірних поверхонь і тому подібне. Matlab надає користувачеві великий набір готових засобів (більше половини з них - зовнішні розширення у вигляді m-файлів).

Matlab має широкі можливості для роботи з сигналами, для розрахунку і проектування аналогових і цифрових фільтрів, для побудови їх частотних, імпульсних і перехідних характеристик. В наявності і засоби для спектрального аналізу та синтезу, зокрема, для реалізації прямого і зворотного перетворення Фур'є. Завдяки цьому система досить зручна для проектування електронних пристроїв.

Робота в середовищі Matlab може здійснюватися в двох режимах:

- в режимі калькулятора, коли обчислення здійснюються відразу після набору чергового оператора або команди Matlab; при цьому значення результатів обчислення можуть привласнюватися деяким змінним, або результати виходять безпосередньо, без привласнення (як в звичайних калькуляторах);

- шляхом виклику імені програми, написаної на мові Matlab, заздалегідь складеної і записаної на диску, яка містить всі необхідні команди, що забезпечують введення даних, організацію обчислень і виведення результатів на екран (програмний режим).

У обох режимах користувачеві доступні практично всі обчислювальні можливості системи, зокрема по виведенню інформації в графічній формі. Програмний режим дозволяє зберігати розроблені обчислювальні ал-

горитми і, таким чином, повторювати обчислення при інших вхідних даних.

Середовище Matlab має надзвичайно потужні засоби для проведення цифрової обробки сигналів, що може бути використано для обробки сигналів на виході вимірювального блоку. Розглянемо можливості Matlab в цьому плані.

Цифрова обробка сигналів традиційно включає створення засобів чисельного перетворення масиву заданого (зміряного в дискретні моменти часу) процесу зміни деякої неперервної фізичної величини з метою одержання з нього корисної інформації про іншу фізичну величину, що міститься в зміряному сигналі.

Фізична величина, що є корисною (що несе в собі необхідну інформацію), рідко має таку фізичну форму, що може бути безпосередньо зміряною. Зазвичай вона представляє лише деяку складову (сторону, частину, межу) деякої іншої фізичної величини, яка може бути безпосередньо зміряна. Зв'язок між цими двома величинами позначимо введенням ланки, яку назовемо "первинним перетворювачем" (ПП). Зазвичай закон перетворення відомий заздалегідь, інакше відновити інформаційну складову надалі було б неможливим. Первинний перетворювач вносить залежність сигналу, який може бути зміряний, від деяких інших фізичних величин. Внаслідок цього вихідна його величина містить, окрім корисної інформаційної складової, інші, шкідливі складові або риси, що спотворюють корисну інформацію. І, хоча залежність виходу ПП від цих інших величин також відома, проте унаслідок неконтрольованої можливої зміни останніх з часом, часто важко спрогнозувати їх вплив на спотворення корисної складової. Назвемо ПП, що вноситься, шкідливу складову шумом ПП.

Хай утворена таким чином безпосередньо вимірювана величина вимірюється деяким вимірювачем. Будь-який реальний вимірювач вносить власні спотворення до вимірюваної величини і додаткових залежностей від деяких інших фізичних величин, що не є об'єктом вимірювання.

Назвемо ці спотворення шумами вимірювача. Не обмежуючи спільності, вважатимемо, що вихідною величиною вимірювача є електричний

сигнал (зміряна величина), який можна надалі досить просто перетворювати електричними пристроями.

Для здійснення цифрової обробки зміряна величина має бути перетворена в дискретну форму за допомогою спеціального пристрою, який містить екстраполятор і аналого-цифровий перетворювач (АЦП).

Перший проводить фіксацію окремого поточного значення зміряної величини в окремі моменти часу через певний постійний проміжок часу, званий дискретом часу. Другий переводить це значення в цифрову форму, яка дозволяє надалі здійснювати перетворення за допомогою цифрових ЕОМ. Хоча обидва пристрої можуть вносити при таких перетвореннях власні спотворення до вихідного (дискретного) сигналу, проте ними зазвичай нехтують, оскільки в більшості випадків ці додаткові спотворення значно менші шумів ПП і вимірювача.

Щоб на основі отриманого дискретизованого сигналу отримати корисний сигнал, потрібно розрахувати і створити пристрій (програму для ЕОМ), який здійснював би такі перетворення вхідного дискретного в часі сигналу, щоб на його виході спотворення, внесені шумами ПП і вимірювача були мінімізовані в деякому розумінні. Цей пристрій називають фільтром.

У загальному випадку створення (проекування) фільтру є задачею невизначеною, яка конкретизується лише на основі попередніх отриманих знань про закономірність утворення вимірюваної величини (моделі ПП), про модель утворення зміряної величини з вимірюваної (моделі вимірювача), про характеристики зміни в часі шкідливих фізичних величин, що впливають на утворення вимірюваної і зміряної величин, і закономірностей їх впливу на спотворення корисної інформації.

Оскільки моделі ПП і вимірювача можуть бути досить різноманітними, традиційно задачу фільтрації вирішують тільки для деяких найбільш поширених на практиці видів таких моделей, найчастіше - для лінійних моделей.

У загальному випадку процес створення фільтру розкладається на такі етапи:

- на основі апріорної інформації про моделі ПП і вимірювача і про характеристики шумів, а також про задачі, які повинен вирішувати фільтр, вибирається деякий тип фільтру з відомих, теорія проектування яких розроблена;

- на основі конкретних числових даних розраховуються числові характеристики вибраного типу фільтру (створюється конкретний фільтр);

- перевіряється ефективність виконання розробленим фільтром поставленого перед ним завдання; для цього необхідно зімітувати на ЕОМ дискретний сигнал, що містить корисну (інформаційну) складову з накладеними на неї передбаченими шумами ПП і вимірювача, "пропустити" його через побудований фільтр і порівняти отриманий на виході сигнал з відомою (в даному випадку) корисною його складовою; різниця між ними характеризуватиме похибки вимірювання на виході фільтру;

- оскільки в реальних умовах деякі характеристики шумів можуть відрізнитися від прийнятих при проектуванні (створенні фільтру), не зайвими стають випробування ефективності роботи фільтру в умовах наближеніших до реальних, ніж прийняті при проектуванні.

Пакет Signal Processing Toolbox (надалі скорочено Signal) призначений для здійснення операцій по трьом останнім з вказаних етапів. Він дозволяє проектувати (розраховувати конкретні числові характеристики) цифрові і аналогові фільтри по необхідних амплітудно- і фазо-частотних їх характеристиках, формувати послідовності типових часових сигналів і обробляти їх спроектованими фільтрами. У пакет входять процедури, що здійснюють перетворення Фур'є, Гільберта, а також статистичний аналіз. Пакет дозволяє розраховувати кореляційні функції, спектральну щільність потужності сигналу, оцінювати параметри фільтрів по зміряних відліках вхідної і вихідної послідовностей.

У пакеті Signal передбачено декілька процедур для створення послідовності даних, що представляють деякі одиночні імпульсні процеси типових форм.

Процедура `rectpuls` забезпечує формування одиночного імпульсу прямокутної форми. Вираз вигляду:

$$y = \text{rectpuls}(t, w),$$

дозволяє утворити вектор y значень сигналу такого імпульсу одиничної амплітуди, шириною w , що центрується відносно $t=0$ по заданому вектору t моментів часу. Якщо ширина імпульсу w не вказана, її значення за умовчанням набуває рівним одиниці. імпульсів

Формування імпульсу трикутної форми одиничної амплітуди можна здійснити за допомогою процедури `tripuls`, вираз якої має вигляд

$$y = \text{tripuls}(t, w, s).$$

Аргументи y , t і w мають той же сенс. Аргумент s ($-1 < s < 1$) визначає нахил трикутника. Якщо $s=0$, або не вказаний, трикутний імпульс має симетричну форму.

4.3. Висновки до розділу 4

В даному розділі розглянуто метрологічне забезпечення для проведення наукових досліджень, зокрема, технічні параметри та еталони при проведенні експерименту. Крім того, представлено опис програмного забезпечення в якому здійснювалась обробка експериментальних даних, опис команд, які були використані для досягнення мети наукового дослідження.

РОЗДІЛ 5.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Охорона праці

5.1.1. Планування заходів з охорони праці. Види планування та контролю стану охорони праці. Виявлення, оцінка та зменшення ризиків небезпечних подій.

Метою планування заходів з охорони праці є визначення необхідних вкладень у заходи з охорони праці для ефективного впливу на стан охорони праці.

Система планів з охорони праці окремого підприємства може включати:

- перспективне планування (на період, більший одного року) ;
- поточне планування (на рік) ;
- оперативне планування (детальні плани, спрямовані на вирішення конкретних питань працезахоронної діяльності на підприємстві в короткостроковому, до одного року, періоді).

Планування в охороні праці може включати:

- визначення цілей діяльності з охорони праці на підприємстві та засобів їх досягнення;
- вибір методів і базових показників, за допомогою яких може здійснюватися оцінка необхідних вкладень в охорону праці;
- розрахунок суми вкладень у заходи з охорони праці та раціональний розподіл цієї суми за напрямками діяльності;
- забезпечення організації контролю виконання плану (при необхідності здійснення коригування запланованих показників) ;
- здійснення постійного контролю умов і безпеки праці на підприємстві та оперативне реагування на відхилення від нормативних вимог.

Перспективне планування вміщує найбільш важливі, трудомісткі і довгострокові за терміном виконання заходи з охорони праці, виконання

яких, як правило, вимагає сумісної роботи кількох підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану повинна бути підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат з зазначенням джерел фінансування.

До перспективних планів належить комплексний план покращення умов праці і санітарно-оздоровчих заходів, що передбачає створення, відповідно до нормативних актів з охорони праці, умов праці, пов'язаних з перспективними змінами підприємства. Таке планування, як правило, розраховане на термін від 2 до 5 років. Реалізація цих планів забезпечується через річні плани номенклатурних заходів з охорони праці, які вносяться до угоди, що є невід'ємною частиною колективного договору.

Поточне планування здійснюється у межах календарного року через розроблення відповідних заходів у розділі «Охорона праці» колективного договору.

Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами.

Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів:

- план соціального розвитку колективу;
- наукової організації праці;
- механізації важких і ручних робіт;
- охорони праці жінок;
- підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період;
- підвищення культури виробництва та ін.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на підприємстві в цілому.

Оперативні плани складаються для швидкого виправлення виявлених в процесі державного, відомчого і громадського контролю недоліків в стані охорони праці, а також для ліквідації наслідків аварій або стихійного лиха.

Оперативні заходи щодо усунення виявлених недоліків зазначаються безпосередньо у наказі власника підприємства, який видається за підсумками контролю, або у плані заходів, як додатку до наказу.

Організаційно-методичну роботу щодо складання перспективних, поточних та оперативних планів здійснює служба (спеціаліст) охорони праці.

5.1.2. Особливості розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру. Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві організовує роботодавець відповідно до Положення про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2001 року №1094.

Розслідуванню підлягають раптові погіршення стану здоров'я, поранення, травми, у тому числі отримані внаслідок тілесних ушкоджень, заподіяних іншою особою, гострі професійні захворювання і гострі професійні та інші отруєння, теплові удари, опіки, обмороження, утоплення, ураження електричним струмом, блискавкою та іонізуючим випромінюванням, інші ушкодження, отримані внаслідок аварій, пожеж, стихійного лиха (землетруси, зсуви, повені, урагани та інші надзвичайні події), контакту з тваринами, комахами та іншими представниками фауни і флори, що призвели до втрати працівником працездатності на один робочий день чи більше або до необхідності переведення потерпілого на іншу (легшу) роботу терміном не менш як на один робочий день, а також випадки смерті на підприємстві.

До гострих професійних отруєнь належать випадки, що сталися після одноразового (протягом не більше однієї робочої зміни) впливу небезпечних факторів, шкідливих речовин.

Гострі професійні захворювання спричиняються дією хімічних речовин, іонізуючого та неіонізуючого випромінювання, значним фізичним на-

вантаженням та перенапруженням окремих органів і систем людини. До них належать також інфекційні, паразитарні, алергійні захворювання тощо.

Визнаються пов'язаними з виробництвом, і складається акт за формою Н-1 про нещасні випадки, що сталися з працівниками під час виконання трудових (посадових) обов'язків, у тому числі у відрядженнях, а також ті, які сталися під час:

- перебування на робочому місці, на території підприємства або в іншому місці роботи протягом робочого часу, починаючи з моменту приходу працівника на підприємство і до його виходу (який повинен фіксуватися відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку) або за дорученням роботодавця в неробочий час, під час відпустки, у вихідні та святкові дні;

- приведення в порядок знарядь виробництва, засобів захисту, одягу, виконання заходів особистої гігієни перед початком роботи і після її закінчення;

- проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі підприємства або на транспортному засобі іншого підприємства, яке надало його згідно з договором (заявкою), за наявності розпорядження роботодавця;

- використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу або за дорученням роботодавця відповідно до встановленого порядку;

- проведення дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий, тобто дій, які не входять до кола виробничого завдання чи прямих обов'язків працівника (надання необхідної допомоги іншому працівникові, дії щодо попередження можливих аварій або рятування людей та майна підприємства, інші дії за наявності розпорядження роботодавця тощо);

- ліквідації аварій, пожеж та наслідків стихійного лиха на виробничих об'єктах і транспортних засобах, що використовуються підприємством;

- надання підприємством шефської допомоги;

- перебування на транспортному засобі або на його стоянці, на території вахтового селища, у тому числі під час змінного відпочинку, якщо причина нещасного випадку пов'язана з виконанням потерпілим трудових

(посадових) обов'язків або з дією на нього небезпечних чи шкідливих виробничих факторів або середовища;

- прямування працівника до (між) об'єкта (ми) обслуговування за затвердженими маршрутами або до будь-якого об'єкта за дорученням роботодавця;

- прямування до місця відрядження та в зворотному напрямку відповідно до завдання про відрядження.

Нещасні випадки визнаються пов'язаними з виробництвом, і складається акт за формою Н-1 також у випадках:

- природної смерті працівника під час перебування на підземних роботах;

- нанесення тілесних ушкоджень іншою особою або вбивство працівника під час виконання чи у зв'язку з виконанням ним трудових (посадових) обов'язків незалежно від порушення кримінальної справи;

- які сталися з працівниками на території підприємства або в іншому місці роботи під час перерви для відпочинку та харчування, яка встановлюється згідно з правилами внутрішнього трудового розпорядку, а також під час перебування працівників на території підприємства у зв'язку з проведенням роботодавцем наради, отриманням заробітної плати, обов'язковим проходженням медичного огляду тощо, а також у випадках, передбачених колективним договором (угодою).

За висновками роботи комісії з розслідування не визнаються пов'язаними з виробництвом, і не складається акт за формою Н-1 про ті нещасні випадки, що сталися з працівниками:

- під час прямування на роботу чи з роботи пішки, на громадському, власному або іншому транспортному засобі, який не належить підприємству і не використовувався в інтересах цього підприємства;

- за місцем постійного проживання, на території польових і вахтових селищ;

- під час використання ними в особистих цілях транспортних засобів, а також устаткування, механізмів, інструментів підприємства без дозволу

роботодавця, крім випадків, що сталися внаслідок несправності цього устаткування, механізмів, інструментів;

- внаслідок отруєння алкоголем, наркотичними або іншими отруйними речовинами, а також унаслідок їх дії (асфіксія, інсульт, зупинка серця тощо) за наявності медичного висновку, якщо це не викликано застосуванням цих речовин у виробничих процесах або порушенням вимог безпеки щодо їх зберігання і транспортування, або якщо потерпілий, який перебував у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, був відсторонений від роботи згідно встановленого порядку;

- під час скоєння ними злочинів або інших правопорушень, якщо ці дії підтверджені рішенням суду;

- у разі природної смерті або самогубства, що підтверджено висновками судово-медичної експертизи та органів прокуратури.

Якщо за висновками роботи комісії з розслідування прийнято рішення, що про нещасний випадок не повинен складатися акт за формою Н-1, про такий нещасний випадок складається акт за формою НТ (невиробничий травматизм) відповідно до Порядку розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру.

5.1.3. Пожежна сигналізація і зв'язок. Засоби гасіння пожеж. Проти-пожежне водопостачання. Первинні засоби пожежогасіння. Автоматичні засоби пожежогасіння на об'єктах галузі. Система пожежної сигналізації складається з пожежних сповіщувачів (пристроїв для формування сигналу про пожежу), які включені у сигнальну лінію (шлейф або промінь), приймально-контрольного приладу, ліній зв'язку.

Пожежні сповіщувачі перетворюють прояви пожежі (тепло, світло полум'я, дим) в електричний сигнал, який по лініях зв'язку надходить до контрольно-приймального приладу. Контрольно-приймальний прилад здійснює приймання інформації від пожежних сповіщувачів, виробляє сигнал про виникнення пожежі чи несправності, передає цей сигнал та видає команди на інші пристрої (наприклад, включає автоматичні установки пожежогасіння чи димовидалення).

В залежності від проявів процесу горіння сповіщувачі можуть бути:

- теплові, які реагують на певне значення температури та (чи) швидкість її наростання ;
- димові, які реагують на аерозольні продукти горіння;
- полум'я, які реагують на електромагнітне випромінювання полум'я.

В залежності від можливості зазначати свій номер (адресу) сповіщувачі поділяються на:

- адресовані, які реагують на фактори, супровідні пожежі, в місці їх встановлення і постійно або періодично активно формують сигнал про стан пожежонебезпечності в приміщенні, що захищається та власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси);
- неадресовані, які реагують на фактори, супровідні пожежі, в місці їх встановлення та формують сигнал про виникнення пожежі в приміщенні, що захищається без зазначенням свого номера (адреси);

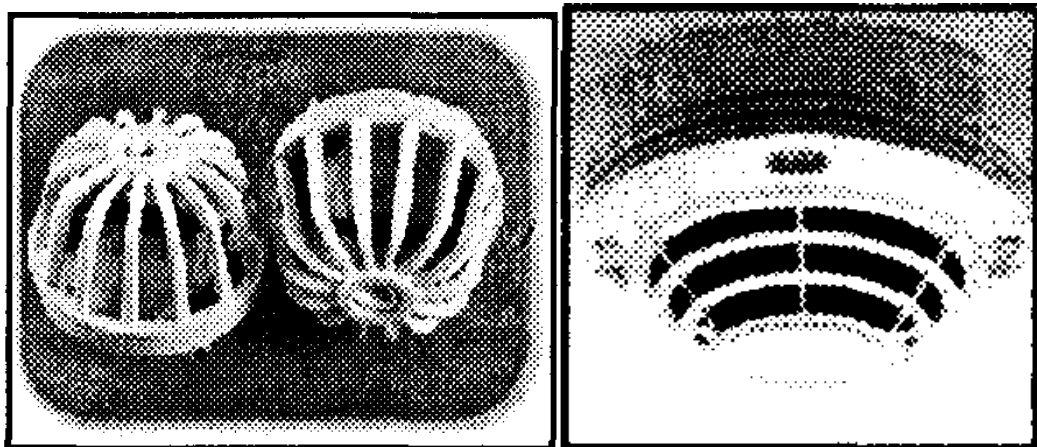


Рис. 5.1 Зовнішній вигляд пожежних сповіщувачів:

Вибір пожежних сповіщувачів здійснюється в залежності від характерних приміщень, виробництв та технологічних процесів. В даний час розвивається тенденція заміни з метою зниження інерційності спрацювання теплових сповіщувачів на димові.

Враховуючи, що вода є основною вогнегасною речовиною, необхідно приділити особливу увагу створенню та працездатності надійних систем протипожежного водопостачання.

Система протипожежного водопостачання являє собою комплекс інженерних водопровідних пристроїв та споруд, призначених для забору води з джерела, її транспортування, зберігання запасів та подавання до місця пожежі. Призначення системи протипожежного водопостачання полягає в забезпеченні подавання необхідних об'ємів води потрібного напору протягом нормативного часу гасіння пожежі за умови достатнього ступеня надійності всього комплексу водопровідної споруди.

Кожне підприємство повинно бути забезпечене необхідною кількістю води для цілей пожежогасіння.

Систему протипожежного водопостачання поділяють на дві частини: зовнішню (зовні будівель) та внутрішню (всередині будівель). Протипожежний водопровід (зовнішній та внутрішній) є одним з найбільш важливих елементів системи протипожежного водопостачання.

До зовнішнього водопроводу належать усі пристрої та споруди для забору, очищення, зберігання та розподілу води мережею до вводу в будівлю.

Внутрішні водопроводи являють собою сукупність трубопроводів та пристроїв, які забезпечують постачання води із зовнішньої мережі та її подавання до місця відбору води для гасіння пожеж, що можуть виникнути в будівлі.

Для відбору води із зовнішнього водопроводу на ньому встановлюють пожежні гідранти. Кришки люків колодязів підземних пожежних гідрантів рекомендується фарбувати в червоний колір.

Біля місць розташування пожежних гідрантів і водойм повинні бути встановлені покажчики (об'ємні зі світильником або плоскі із застосуванням світловідбивних покриттів) з нанесеними на них:

- для пожежного гідранта - літерним індексом ПГ, цифровими значеннями відстані в метрах від покажчика до гідранта, внутрішнього діаметра трубопроводу в міліметрах, зазначенням виду водогінної мережі (тупикова чи кільцева);

- для пожежної водойми — літерним індексом ПВ, цифровими значеннями запасу води в кубічних метрах та кількості пожежних автомобілів, котрі можуть одночасно встановлюватися на майданчику біля водойми.

Кожний пожежний кран повинен бути укомплектований пожежним рукавом однакового з ним діаметра та стволом, а також важелем для поліпшення відкривання вентиля.

Пожежні крани повинні розміщуватись у вбудованих або навісних шафках, які мають отвори для провітрювання і пристосовані для опломбування та візуального огляду їх без розкривання.

Влаштуваючи шафки, слід враховувати можливість розміщення в них двох вогнегасників.

На дверцятах пожежних шафок із зовнішнього боку повинні бути вказані після літерного індексу «ПК» порядковий номер крана та номер телефону для виклику пожежної охорони.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Вони використовуються для локалізації та ліквідації пожеж у початковій стадії розвитку.

Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки. Відповідно до Закону України "Про пожежну безпеку" забезпечення пожежної безпеки підприємств, установ, організацій (далі - підприємств) покладається на їх керівників та уповноважених керівниками осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором.

Забезпечення пожежної безпеки під час проектування та забудови населених пунктів, будівництва, розширення, реконструкції та технічного переоснащення підприємств, будівель і споруд покладається на органи архітектури, забудовників, проектні та будівельні організації.

Забезпечення пожежної безпеки в житлових будинках державного, громадського житлового фонду, фонду житлово-будівельних кооперативів

(далі - ЖБК) покладається на власників цих будинків або на уповноваженими ними органи, а в житлових приміщеннях (квартирах) – також і на квартиронаймачів (членів ЖБК). Взаємні зобов'язання власника і квартиронаймача щодо забезпечення пожежної безпеки повинні визначатися договором житлового найму, а членів ЖБК – статутом.

Забезпечення пожежної безпеки в житлових будинках (квартирах) приватного житлового фонду та інших приватних, окремо розташованих господарських спорудах і гаражах, на територіях, а також у дачних будинках, на садових ділянках покладається на їх власників чи наймачів, якщо інше не обумовлено договором найму.

Обов'язки сторін щодо забезпечення пожежної безпеки орендованого майна повинні бути визначені у договорі оренди.

Повноваження у галузі пожежної безпеки асоціацій, корпорацій, концернів, інших виробничих об'єднань повинні визначатися їх статутами або договорами між підприємствами, що утворили об'єднання.

За порушення вимог Правил, невиконання приписів та постанов посадових осіб органів державного пожежного нагляду або створення перешкод для їх діяльності, посадові та фізичні особи притягуються до відповідальності згідно з чинним законодавством України.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища.

В РЕА використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та різні органічні сполуки (діелектрики, смоли та ін.). Серед цих матеріалів метали найбільш

чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

В радіоелектронній апаратурі радіація викликає зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схеми, що приведе до пошкодження апаратури.

Якщо потік гамма-опромінення проходить через елементи РЕА, то в них виникають вільні носії електричних зарядів, внаслідок переміщення яких виникає хибний імпульс, який може призвести до включення пристрою.

Найбільш чутливі до дії радіації напівпровідники, оптичні прилади і фотоматеріали. В елементній базі РЕА внаслідок дії іонізаційних випромінювань можлива зміна майже всіх електричних та експлуатаційних характеристик, залежних від проходження процесів іонізації і порушення структури матеріалів.

Практика експлуатації РЕА в умовах дії радіоактивних випромінювань дає можливість зробити висновки:

- РЕА може раптово втратити працездатність при певних рівнях радіації(критичних).

- г елементах схем РЕА можуть початись зворотні або незворотні процеси через деякий час після випадання радіоактивних опадів при рівнях радіації значно нижчих критичних, тобто $P_{гр} < P_{кр}$.

Для інженерної практики найбільший інтерес має перший випадок, тобто оцінка стійкості роботи РЕА при знаходженні її на забрудненій радіоактивними речовинами місцевості тривалістю однієї години після випадання радіоактивних речовин на даній місцевості.

Оцінка стійкості роботи РЕА ведеться в послідовності:

- РЕА аналізується і визначаються всі елементи, від яких залежить її робота (функціонуються) наприклад: мікросхеми ТТЛ, транзистори, резистори та ін.

-для кожного елемента визначаються максимально допустимі потужності дози гамма-випромінювання (p_i) або експозиційні дози (ДІ). Отримані дані заносяться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

1 Элементы РЕА	2 $P_i, P/c$	3 D_i, P	4 $p_{гр}, p/c; D_{гр}, P$

5 Напівпро- відники	6 p_1	7 D_1	8 $p_{гр} (D_{гр})$
-------------------------------	----------------	----------------	----------------------------

9 Мікросхеми	10	11	
---------------------	-----------	-----------	--

12 Кон-денсатори	13	14	
1 Элементи	2 $P_i, P/c$	3 D_i, P	4 $P_{гр}, P/c; D_{гр}, P$
РЕА			

5 Напівпро- відники	6 p_1	7 D_1	8 $p_{гр} (D_{гр})$
-------------------------------	----------------	----------------	----------------------------

9 Мікросхеми	10	11	
---------------------	-----------	-----------	--

12 Кон-денсатори	13	14	
1 Элементи	2 $P_i, P/c$	3 D_i, P	4 $P_{гр}, P/c; D_{гр} P$
РЕА			

5 Напівпро- відники	6 p_1	7 D_1	8 $p_{гр} (D_{гр})$
-------------------------------	----------------	----------------	----------------------------

9 Мікросхеми	10	11	
---------------------	-----------	-----------	--

<p style="text-align: center;">12 Элементы Контр- ДИА</p> <p style="text-align: center;">БИА Атари</p>	<p style="text-align: center;">13 P_i, P/c</p>	<p style="text-align: center;">14 Д_i, P</p>	<p style="text-align: center;">4 P_{гр}, P/c; Д_{гр}</p>	<p style="text-align: center;">P</p>
---	---	---	---	--------------------------------------

5 Напівпро- відники	6 p_1	7 D_1	8 $p_{гр} (D_{гр})$
------------------------	---------	---------	---------------------

9 Мікросхеми	10	11	
---------------------	-----------	-----------	--

12	Кон-	13	14	
денсатори				

Результати стійкості роботи РЕА

-дані табл. 3.2 аналізуються і за мінімальним значенням $\rho_1 D_i$ визначається межа стійкості $\rho_{гр}$ ($D_{гр}$) роботи РЕА.

-граничне значення потужності гамма-випромінювання ($\rho_{гр}$) або експозиційної дози ($D_{гр}$) порівнюється з ρ_{1max} (D_{max}), що очікується на об'єкті і робиться висновок про стійкість роботи РЕА:

$$\left. \begin{array}{l} \rho_{гр} \geq \rho_{1max} \\ D_{гр} \geq D_{1max} \end{array} \right\} - \text{РЕА стійка до радіації;}$$

$$\left. \begin{array}{l} \rho_{гр} < \rho_{1max} \\ D_{гр} < D_{1max} \end{array} \right\} - \text{РЕА нестійка до радіації;}$$

Можливу дозу опромінення ($D_M = D_{max}$) за встановлений час можна визначити за формулами 3.10, 3.11, 3.12.

Допустимий час роботи РЕА в заданих умовах можна визначити за допомогою виразів:

$$t_{\partial} = \left(\frac{D_{гр} \cdot K_{пос} + 1,33 \rho_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_n^3}}{1,33 \rho_{1max}} \right)^{4/3}, \text{ год} \quad t_{\partial} = \left(\frac{D_{гр} \cdot K_{пос} + 2 \rho_{1max} \cdot \sqrt[4]{t_n}}{2 \rho_{1max}} \right)^2, \text{ год}$$

- На підставі висновку про стійкість розробляються заходи з радіаційної стійкості РЕА (пристроїв, блока та ін.).

Заходи щодо підвищення стійкості роботи радіоелектронних систем (РЕС). Дослідження, які здійснені як в нашій державі, так і за кордоном, показали, що зміна параметрів РЕС може мати місце в широкому діапазоні доз (рівнів радіації) іонізуючих випромінювань. Тому в багатьох випадках виникає необхідність приймати дії щодо підвищення радіаційної стійкості роботи апаратури (пристроїв, блоків), що розробляється. Основними заходами щодо підвищення радіаційної стійкості можуть бути: використання в

апаратури радіаційно стійких елементів і матеріалів; застосування для ОЦ різних апаратних масивних екранів або активного захисту від дії радіації. При імпульсній дії іонізаційних випромінювань крім перерахованих заходів використовують: схеми малочутливі до зміни електричних параметрів; зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, що вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

5.3. Висновки до розділу 5

Розглянуто питання здійснення заходів щодо зниження дії радіоактивних випромінювань на апаратуру телекомунікаційної мережі. Зроблено відповідні висновки з практики експлуатації РЕА в умовах дії радіоактивних випромінювань, визначено найбільш чутливі до дії радіоактивних випромінювань елементи РЕА. Запропоновано заходи щодо підвищення стійкості роботи радіоелектронних систем (РЕС).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання досліджень отримано наступні результати.

Проаналізовано параметри мовних сигналів, що підлягають кодуванню. Встановлено, що всі звуки мови можуть бути розділені на три групи: вокалізовані, нелокалізовані та вибухові (смичкові). Людську мову можна представити у вигляді коливань складної форми. Форма коливання залежить від сказаних слів, тембру голосу, інтонації. Ці параметри підлягають кодуванню у вокодерних системах.

Проведено параметризацію мовного сигналу, проаналізовано НТК - архітектуру і можливості. Розглянуто технологію моделювання систем розпізнавання мови з застосуванням інструментарію НТК.

Проведено експериментальні дослідження. Проведено оцінювання залежності ефективності системи розпізнавання мови (системи кодування «мова - текст») від кількості кепстральних коефіцієнтів, а також від обсягу навчального словника. Наведені результати досліджень свідчать, що, починаючи зі значення 15, подальше збільшення кількості вибірок кепстра не призводить до помітного зростання надійності розпізнавання.

Проаналізовано роботу та проведено моделювання в середовищі Matlab смугового кодера, вокодера з лінійним передбаченням. Для цього проведено оцінювання групи параметрів мовних сигналів, які підпадають під кодування в вокодерах. Проведено вимірювання частоти основного тону та розглянуто кепстральний метод визначення характеристик мовних сигналів, та оцінено спосіб генерування сигналу збудження.

Також, промодельовано процес відновлення мовного сигналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рабинер Лоренс. Цифровая обработка речевых сигналов : пер. с англ. / Л. Рабинер, Р. Шафер ; [под ред. М. В. Назарова, Ю. Н. Прохорова]. – М. : Радио и связь, 1981. – 496 с.
2. Максимов Е.М. Актуальные задачи речевой акустики / Е.М. Максимов, Ю.Н. Ромашкин, С.А. Лопатина // Речевые технологии. – 2008. – №2. – С. 66-71.
3. Вокодерная телефония. Методы и проблемы / Под ред. А.А. Пирогова - М.: Связь, 1974. - 246 с.
4. Ворсано Д. Н. Кодирование речи в цифровой телефонии // Сети и системы связи. - 1996. - №8. - С. 24-27.
5. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник.- С-Пб.: Питер, 2002. - 608с.
6. Зюко А.Г., Банкет В.Л., Лехан В.Ю. Методы низкоскоростного кодирования при цифровой передаче речи // Зарубежная радиоэлектроника. - 1986. - №11.-С. 53-70.
7. Коротаев Г.А. Анализ и синтез речевого сигнала методом линейного предсказания // Зарубежная радиоэлектроника. -1990. - №3. - С. 31-52.
8. Коротаев Г.А. Некоторые аспекты линейного предсказания при анализе речевого сигнала // Зарубежная радиоэлектроника. -1991. -№ 7. -С. 13-31.
9. Куприянов М.С., Матюшкин Б.А., - Цифровая обработка сигналов, С-Пб, Питер, 1998. - 416с.
10. Маркелл Дж., Грэй А. Линейное предсказание речи - М.: Связь, 1980. - 308с.
11. Минин С. А. Кодер АДИКМ аппаратуры цифровой спутниковой связи // Электросвязь.- 1992. - №11. - С. 32-44.
12. Назаров Х.З., Прохоров Ю.Н. Методы цифровой обработки и передачи речевых сигналов - М.: Связь, 1982. - 236с.

13. Перцева Л. В. - Качество передачи речи при использовании низкоскоростных кодеков на абонентских линиях // Электросвязь. - 1987. - №8. - С. 48-64.
14. Прокис Дж. Цифровая связь / Под ред. Д.Д. Кловского - М.: Радио и связь, 2000. - 800с.
15. Прохоров Ю.Н.. Статистические модели и рекуррентное предсказание речевых сигналов - М., Радио и связь, 1986. - 316 с.
16. Шелухин О.И., Лукьянцев Н.Ф. Цифровая обработка и передача речи, М., Радио и связь, 2000. - 328с.
17. Шульгин В.И. Основы теории передачи информации – Учебное пособие. - Харьков: Нац. аэро-косм. ун-т. «Харьк. авиац. ин-т», 2003. - 102с.
18. J. L. Flanagan, R. M. Golden, "Phase Vocoder," Bell System Technical Journal, November 1966, 1493-1509. 19. Mark Dolson, "The phase vocoder: A tutorial," Computer Music Journal, vol. 10, no. 4, pp. 14 -- 27, 1986.
20. Jean Laroche and Mark Dolson "New Phase Vocoder Technique for Pitch-Shifting, Harmonizing and Other Exotic Effects". IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics. Mohonk, New Paltz, NY. 1999.
21. A. Gotzen, N. Bernardini, D. Arfib. "Traditional (?) Implementations of a Phase-vocoder: the Tricks of the Trade". Proc. Of the COST G-6 Conference on Digital Audio Effects (DAFX-00), Verona, Italy, December 7-9, 2000.
22. Dudley, H., The Vocoder. Bell Labs Record, Vol.17, 1939, pp.122-126.
23. David E.E., Schroeder M.R., Logan B.F., Prestigiacomo A.J. New Applications of Voice-Excitation to Vocoder, roc. Stockholm Speech Comm. Seminar, R.I.T., Stockholm, Sweden, September, 1962.
24. Carlson, J.P. "Digitalized Phase Vocoder", Proc. Conf. On Speech Comm. and Proc., Boston, Mass., November 1967.

ДОДАТКИ

УДК 612.78

С. Шиндін, А. Згуровський

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОЦІНЮВАННЯ РОЗБІРЛИВОСТІ МОВИ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

UDC 612.78

S. Shindin, A. Zgurovsky

(Ternopil I.Pulyu National Technical University, Ukraine)

ASSESSMENT OF LANGUAGE LEGIBILITY IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS

Під комунікацією сьогодні розуміють процес обміну (прийому/передачі) інформації між декількома особами, а як спосіб спілкування – комунікація може реалізуватися із застосуванням вербальних та невербальних методів [1]. На початках розробки технічних засобів обміну даними питання комунікації носили практичний характер, однак з появою поняття масової комунікації стало необхідним провести означення суб'єктів комунікаційного процесу, параметрів каналів обміну даними тощо. При цьому застосовуються різні методи моделювання з метою відтворення основних елементів і функціональних характеристик комунікаційних процесів.

В області лінгвістики відомою є лінійна модель, запропонована Клодом Шеноном [1], яка включає в себе такі основні елементи процесу комунікації, як джерело інформації, передавач, канал передачі, приймач і кінцеву мету, які розміщені в лінійній послідовності. Доповнена модель Шенона включає джерело інформації, кодер (кодуєчий пристрій), повідомлення, канал передачі даних, декодер (декодуєчий пристрій) та приймач [1]. Ця модель застосовується сьогодні найбільш широко а її елементи реалізуються у вигляді проміжних ланок передачі даними в системах радіозв'язку, телефонії, телекомунікаційних технологій тощо. В зазначених випадках джерелом та кінцевим споживачем інформації зазвичай є людина а повідомленням є голосові сигнали. І якщо якість та ефективність роботи кодерів, передавачів, декодерів та приймачів таких сигналів постійно зростає, то актуальним є підвищення якості каналів передачі даних, що в кінцевому випадку визначатиме якість та ефективність роботи усієї комунікаційної системи.

У випадку каналів передачі голосових (мовних) сигналів, якісним показником телефонної, радіотелефонної, телекомунікаційної техніки тощо є якість передачі голосових сигналів при використанні такої техніки окремими абонентами [2]. При цьому, якість таких сигналів може бути оцінена якісними та кількісними показниками, які в сукупності визначають розбірливість мови [2]. Враховуючи той факт, що сам процес, який підлягає передачі, та фактори, що можуть на нього впливати, є настільки різноманітними, що необхідним є розроблення та наступне застосування статистичних методів оцінювання розбірливості мови, які давали б стійкі ознаки самого процесу передачі голосових сигналів.

В дослідженнях пропонується метод оцінювання розбірливості мови, який полягає в тестуванні каналів передачі із застосуванням тестових голосових сигналів та маскуючого шуму з різними характеристиками (білого, коричневого, рожевого тощо) та спосіб оцінювання кількісних статистичних показників каналу передачі даних, що ґрунтується на оцінюванні параметрів прийнятого тестового голосового сигналу та такого сигналу в суміші із різними типами та параметрами маскуючого шуму.

Література

1. Кашкин В.Б. Введение в теорию коммуникации: Учеб. пособие. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2000. – 175 с.
2. Покровский Н.Б. Расчет и измерение разборчивости речи. – М.,Связьиздат,1962, 390 с.